

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Кафедра технології машинобудування та автомобілів
Кафедра комп'ютерних технологій в машинобудуванні**

Ю.Є. Паливода, І.Г. Ткаченко, Ю.Б. Капаціла

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБЛЕННЯ ВАЖЕЛІВ ТА ВИЛОК

**Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502
«Інженерна механіка» з професійною орієнтацією на спеціальності
7.05050201 та 8.05050201 «Технології машинобудування»**

**Тернопіль
2013**

Посібник розроблено у відповідності з навчальними планами підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201 та 8.05050201 «Технології машинобудування»

Укладачі: канд. техн. наук, професор Паливода Ю.Є.
канд. техн. наук, доцент Капаціла Ю.Б.
канд. техн. наук, доцент Ткаченко І.Г.

Рецензент: доктор техн. наук, професор Рогатинський Р.М.

Відповідальний за випуск: канд. техн. наук, професор Паливода Ю.Є.

Посібник рекомендовано до друку методичною комісією механіко-технологічного факультету ТНТУ, протокол № 5 від 15 березня 2013 року.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Службове призначення і особливості конструкції важелів	5
2. Технічні умови на важелі і вилки	9
3. Матеріали та заготовки для важелів і вилок.....	10
4. Оброблення важелів і вилок.....	13
5. Контроль важелів і вилок	49
6. Типовий маршрут виготовлення важеля.....	51
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55

ВСТУП

Відмінною рисою сучасного машинобудування є жорсткість вимог до якості машин, що випускаються, і їх собівартості. В умовах ринкових відносин необхідно швидко реагувати на вимоги споживача. Перемагає в конкурентній боротьбі той, хто здатний швидше реалізовувати прийняті конструктивні та технологічні рішення.

У цих умовах створення нових навчальних посібників є необхідним і своєчасним. Відповідно до загальної тенденції розвитку машинобудування в посібнику велика увага приділяється забезпеченню якості виготовлення виробів, зокрема важелів.

Деталі типу «Важелі» мають доволі значну частку в загальному обсязі продукції машинобудівного виробництва. Технологія їх виготовлення має ряд специфічних особливостей, тому при викладенні матеріалу автори основну увагу приділяли питанням вибору заготовки, базування, найбільш важливим аспектам розроблення технологічних процесів механічного оброблення важелів, а також їх контролю. В посібнику знайшли відображення перспективні розробки вітчизняних і закордонних вчених, а також результати наукових праць авторів. Порівнюючи різні методи оброблення, автори прагнули зорієнтувати читача на ефективні технологічні рішення, що забезпечують високу якість виробів і продуктивність праці.

Посібник може бути використаний для підготовки фахівців конструкторських і технологічних спеціальностей.

1. Службове призначення і особливості конструкції важелів

До деталей класу «Важелі» належать важелі, коромисла, шатуни, собачки, повідки, ручки, прихвати. Приклади деталей класу «Важелі» наведені на рис 1.

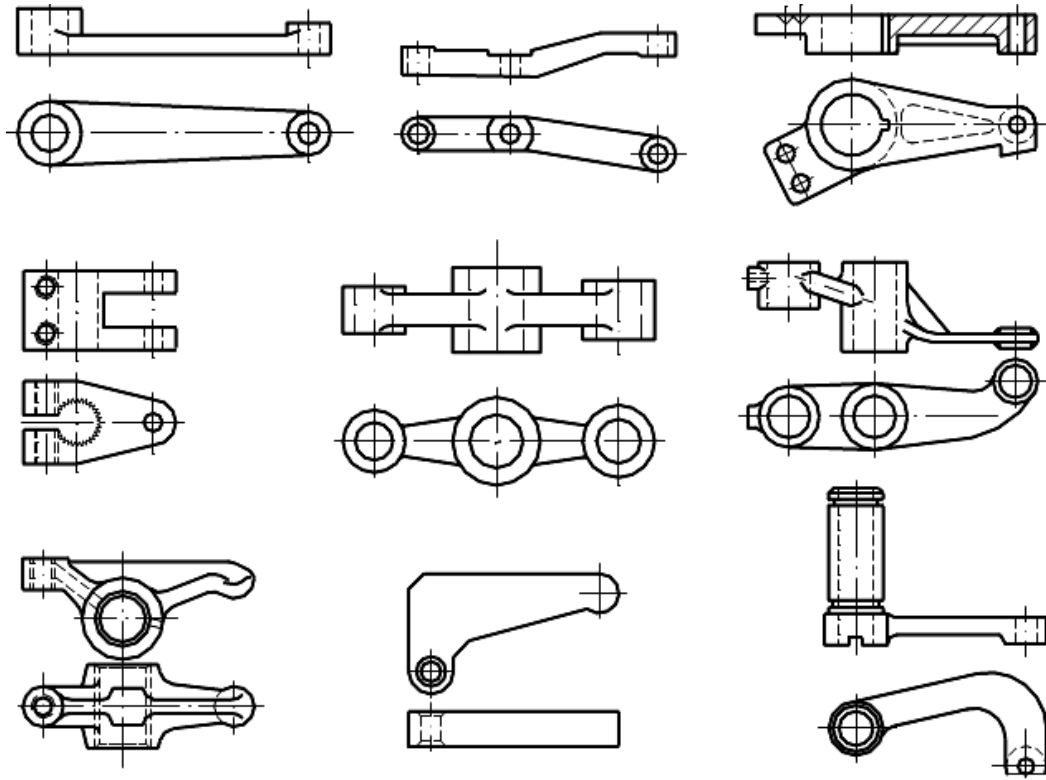


Рисунок 1 – Деталі класу «Важелі»

Важелі є ланками систем машин, апаратів, приладів, пристосувань. При колиальному або обертовому русі, важелі передають необхідні сили і рухи спряженим деталям, змушуючи їх виконувати необхідні переміщення з належною швидкістю. В інших випадках важелі, наприклад, прихвати, залишаються нерухомими і фіксують відносне положення спряжених деталей.

Деталі класу важелів мають два отвори або більше, осі яких розташовані паралельно або під прямим кутом. Тіло важелів представляє собою стержень, який не має достатньої жорсткості. У деталях цього класу, крім основних отворів, обробляються шпонкові або шліцеві поверхні, кріпильні отвори і

прорізи в головках. Стержні важелів часто не обробляють.

Значна різноманітність конструкцій важелів викликає необхідність їх класифікації з метою формування типових технологічних процесів. Однією з найбільш вживаних є така класифікація:

- 1) важелі, у яких торці отворів мають спільну площину або їх торці лежать в одній площині;
- 2) важелі, у яких торці отворів лежать в різних площинах;
- 3) важелі, у яких є довгі втулка з отвором і більш короткі втулки.

Однією з основних баз важеля зазвичай є поверхня отвору, яка у більшості конструкцій важелів представляє собою подвійну направляючу базу, якою важіль приєднується до базуючої деталі. У комплексі допоміжних баз у більшості важелів є поверхні гладких отворів, які паралельні основній базі, і рідше поверхні різьбових чи гладких отворів, перпендикулярних до неї.

У деяких важелів (коромисел клапанів, храпових собачок) в більшості випадків виконуючими поверхнями є криволінійні поверхні, за допомогою яких механізм виконує своє службове призначення.

Вилками в машинобудуванні називають деталі, що мають два різних службових призначення, у зв'язку з чим надалі вони поділяються на два види.

До першого виду належать вилки перемикавання, які при осьовому переміщенні переключають зубчасті колеса, муфти і подібні їм кінематичні ланки машин. Схематичні ескізи типових вилок перемикавання приведені на рис. 2, а.

Для перемикавання деталі пересувають вилками переважно за допомогою виконавчих, у більшості випадків плоских, поверхонь. В залежності від конкретного службового призначення вилки перемикавання за зовнішнім виглядом дещо відрізняється між собою, внаслідок чого їх можна поділити на плоскі і подовгуваті вилки, що мають більш розвинуті бобишки типу втулок. Основною подвійною направляючою базою у вилок перемикавання є поверхня отвору.

При пересуванні вилкою деталі для перемикавання, створюється момент, що намагається повернути вилку і перекосити її відносно валика і деталі, що пересувається, за рахунок зазору в отворі. Для зменшення цього перекосу

основна подвійна направляюча база навіть у плоскої вилки повинна мати достатньо велику довжину бобишки і точний діаметр отвору.

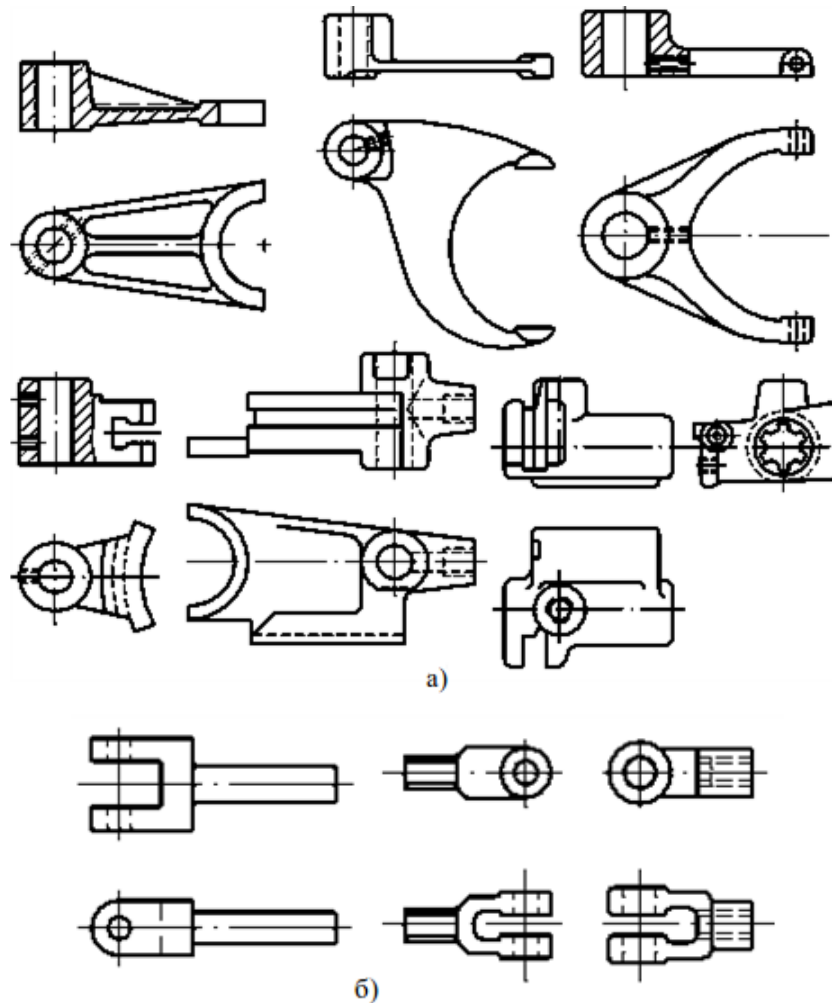


Рисунок 2 – Деталі класу «Вилки»:

а – вилки перемикання; *б* – шарнірні вилки

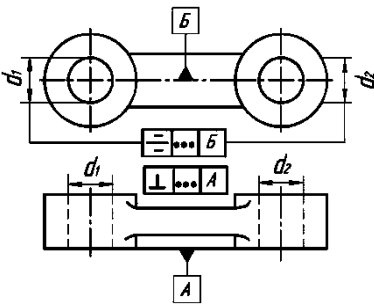
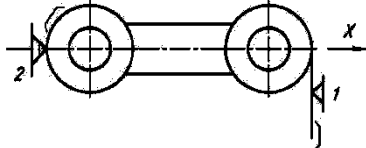
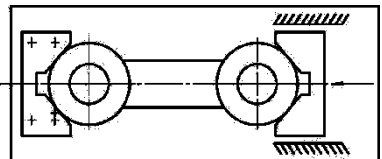
До другого виду відносяться вилки, для проміжних деталей шарнірних з'єднань у машинах – шарнірні вилки (рис. 2, б). Для виконання службового призначення вони зазвичай мають вуха з двома співвісними гладкими отворами, сполучення поверхонь яких дає допоміжну подвійну направляючу базу. Основною подвійною направляючою базою вилки є різьба поверхня отвору в хвостовику або гладка циліндрична чи різьба зовнішня поверхня хвостовика вилки.

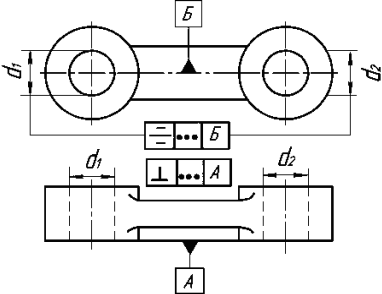
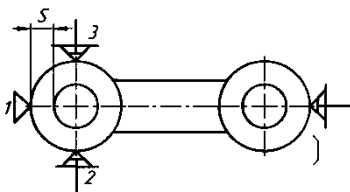
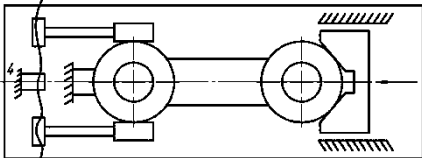
Довжина важелів і вилок у середніх верстатах, текстильних машинах,

автомобілях, тракторах та інших машинах у більшості випадків не перевищує наступних розмірів: важелів – 400 мм, вилок перемикання – 250 мм, шарнірних вилок – 120 мм.

Типові схеми базування важелів в залежності від технічних завдань на обробку приведені в табл.1.

Таблиця 1 – Типові схеми базування важелів в залежності від технічного завдання на оброблення

Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>Обробити з використанням кондуктора, отвори d_1 і d_2 у втулках важеля, забезпечивши виконання таких вимог:</p> <p>а) перпендикулярність осей отворів до площини A і симетричність отворів відносно загальної площини симетрії втулок важеля B</p> 		

Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>б) перпендикулярність осей отворів до площини A і симетричність отворів відносної площини симетрії втулок X і сталість товщини S стінки лівої втулки</p> 		

2. Технічні умови на важелі і вилки

Технічні умови, що визначають службове призначення важелів і вилок, характеризуються багатьма показниками, з яких найбільш істотними можна вважати такі.

Точність розмірів. Отвори – основні і допоміжні бази, поверхнями яких важелі і вилки спрягаються з валиками, у важелів і шарнірних вилок проектують за Н7 – Н9, а у вилок перемикання для зменшення перекосу при осьовому переміщенні – за Н7 – Н8. Точність відстаней між паралельними виконавчими поверхнями вилок перемикання призначають за ІТ10 – ІТ12. Відстань між осями отворів основних і допоміжних баз важелів повинні відповідати розрахунковим; допустимі відхилення в залежності від необхідної точності коливаються від $\pm 0,025$ до $+ 0,1$ мм.

Точність форми. У більшості випадків особливих вимог до точності форми поверхонь не висувається, тобто похибка форми не повинна перевищувати допуск на розмір або, в залежності від умов експлуатації, похибки форми не повинні перевищувати від 40 до 60 % поля допуску на відповідний розмір.

Точність взаємного розташування. Для доброго прилягання поверхонь отворів до спряжених деталей осі поверхонь отворів допоміжних баз важелів повинні бути паралельні осям поверхонь отворів основних баз з допустимими відхиленнями $(0,05...0,3) / 100$ мм.

У важелів, які мають плоскі оброблені поверхні, в деяких випадках (за службовим призначенням), задається перпендикулярність осей отворів відносно цих площин з допустимими відхиленнями $(0,1...0,3) / 100$ мм.

Якість поверхні. Шорсткість поверхні отворів у важелів і вилок залежно від точності діаметрів призначають в межах $Ra = 0,8...3,2$ мкм, шорсткість виконавчих поверхонь у важелів $Ra = 0,63...3,2$ мкм, у вилок перемикачів – $0,8...3,2$ мкм. Для збільшення термінів служби твердість виконавчих поверхонь важелів і вилок встановлюють HRC 40...60.

3. Матеріали та заготовки для важелів і вилок

В якості матеріалів для виготовлення важелів використовують: сірий чавун марок від СЧ 15 до СЧ 24, ковкий чавун марок КЧ 35-10, КЧ 37-12 та ін., сталь зазвичай якості марки 5 і конструкційні сталі марок 20, 35, 45, 40Х. Важелі, що працюють при незначних навантаженнях виготовляють із пластмас.

Плоскі вилки перемикачів виготовляють із сірого і ковкого чавунів та сталей, приблизно тих же марок, що застосовуються при виготовленні важелів. Для виготовлення подовгуватих вилок перемикачів зазвичай застосовують сірий чавун тих же марок, що і для важелів. Шарнірні вилки виготовляють зі сталі звичайної якості і з конструкційних сталей марок 35, 45 та ін.

Вибір матеріалу залежить від службового призначення та економічності виготовлення деталі. Заготовки для важелів і вилок складної форми можуть бути виготовлені методом литва. Для деталей, що працюють у машинах під невеликими, не ударними навантаженнями, вибирається менш дорогий і міцний сірий чавун марок від СЧ 15 до СЧ 18. Деталі, що працюють при більш значних навантаженнях, виготовляють з більш міцного і дорогого чавуну марок СЧ 21 і СЧ 24. Для нежорстких деталей, що працюють з поштовхами і ударами, сірий чавун є ненадійним матеріалом, його замінюють ковким чавуном. При одержанні ковкого чавуна обов'язковим стає його відпал, після якого нежорсткі заготовки коробляться і повинні додатково піддаватися правці. Введення додаткових операцій відпалу і правки робить заготовку більш дорогою, тому в ряді випадків важелі і вилки виготовляють зі сталі.

Чавунні заготовки важелів і вилок одержують зазвичай литтям у піщані форми, відформовані здебільшого на машинах по металевих моделях. При підвищених вимогах до точності виливків заготовки відливають в оболонкові форми. Виливки з ковкого чавуну варто піддавати відпалу та наступній правці для зменшення залишкових деформацій.

Виливки плоских вилок komponують з двох або навіть із трьох деталей.

Припуски на обробку і допуски на розміри виливків важелів і вилок повинні відповідати вимогам ГОСТ 26645-85. Сталеві заготовки важелів і вилок одержують куванням, штампуванням, литтям по виплавлюваних моделях, рідше – зварюванням. При штампуванні заготовок у невеликих кількостях застосовують підкладні штампи. Зі збільшенням масштабу виготовлення заготовок більш економічним стає штампування їх у відкритих і закритих штампах. У серійному виробництві штампування виконують на штампувальних молотах, фрикційних і кривошипних пресах, а в крупносерійному і масовому виробництві – на кривошипних пресах і горизонтально-кувальних машинах. Для підвищення продуктивності і зменшення собівартості штампованих заготовок їх попереднє формування в масовому виробництві в ряді випадків роблять на кувальних вальцях.

Припуски на обробку і допуски на розміри заготовок важелів і вилок, отриманих у відкритих штампах, повинні відповідати вимогам ГОСТ 7505-89.

Для підвищення точності штампованих заготовок плоских вилок, а в деяких випадках важелів, у масовому і крупносерійному виробництві застосовують калібрування і карбування.

Калібрування є додатковим штампуванням на штампувальних молотах, фрикційних і кривошипних пресах і виконується для уникнення зайвої окалини від нагріву відразу ж після обрізки заусенців.

Карбування – це холодне штампування в спеціальних штампах і на спеціальних карбувальних пресах, що виконується після термічної обробки (нормалізації, відпалу чи гартування з відпуском) заготовок та очищення їх від окалини. Точність відстані по висоті між поверхнями заготовок після карбування може бути отримана в межах від $\pm 0,08$ мм до $\pm 0,2$ мм.

Для зменшення трудомісткості механічної обробки, зниження витрат металу і поліпшення зовнішнього вигляду складних за конструктивною формою сталевих важелів і вилок їх заготовки одержують литтям по виплавлюваних моделях. Моделі заготовок та ливникової системи виготовляються з легкоплавких модельних сумішей, приготовлених на основі парафіну, полістиролу, стеарину та подібних компонентів, які одержують у спеціальних прес-формах.

Шорсткість поверхні виливків по виплавлюваних моделях відповідає Rz 20.

Допуски на розміри та припуски на обробку виливків важелів і вилок по виплавлюваних моделях приведені у відповідних довідниках. У всіх випадках допуски на розміри та припуски на обробку виливків по виплавлюваних моделях важелів і вилок не повинні перевищувати значень, передбачених ГОСТ 26645-85 для виливків 1-го класу.

Висока собівартість лиття по виплавлюваних моделях у порівнянні з іншими способами одержання заготовок обмежує область його застосування. Тому метод одержання заготовок важелів і вилок варто вибирати на основі техніко-економічного порівняння технологічних варіантів з урахуванням

собівартості одержання заготовок і наступної механічної обробки деталей.

Отвори діаметром менше 25 мм, у заготовок одержаних литтям у піщані форми і штампуванням, зазвичай не передбачають. Литтям по виплавлюваних моделях можна одержувати отвори менших розмірів.

Стальні важелі і вилки із середньовуглецевої сталі, що працюють при значних навантаженнях, для підвищення міцності перед механічною обробкою термічно обробляють (гартування і високий відпуск).

4. Оброблення важелів і вилок

Аналіз креслень деталей і технічних умов, яким повинні відповідати важелі, показує, що поверхні отворів (допоміжні бази) і виконавчі поверхні повинні займати визначене положення відносно поверхонь отворів (основних баз); торці бобишок, отвори для фіксуючих гвинтів і штифтів повинні бути перпендикулярні, а шпонкові пази паралельні осям відповідних отворів; пази вилчастих важелів у більшості повинні бути перпендикулярні осям отворів – основним базам.

Для одержання зазначених зв'язків поверхонь оброблення важелів будують у такій послідовності.

1. При наявності у важелів плоских оброблюваних сторін чи торців бобишок в одній площині спочатку обробляють ці поверхні. Потім, приймаючи оброблену площину чи сполучення торців бобишок з одної сторони в якості установчої технологічної бази, обробляють отвори – основну і допоміжні бази, одержуючи відповідні необхідні зв'язки. На наступних операціях, використовуючи відповідні оброблені поверхні отворів як технологічні бази, створюють необхідні зв'язки інших оброблюваних поверхонь важеля, послідовно обробляючи пази, уступи, різьбові і дрібні отвори.

2. При обробленні важелів, що мають торці коротких бобишок в різних площинах, спочатку в ряді випадків обробляють гладкі отвори – основну і

допоміжні бази і торці бобишок з однієї сторони. Потім обробляють торці бобишок з іншого боку, далі – інші поверхні в послідовності, зазначеній в першому варіанті.

3. Якщо важіль має довгу бобишку, у якій розташований отвір (основна база), і значно коротші бобишки, у яких розташовані отвори (допоміжні бази), то спочатку обробляють поверхню отвору – основну базу і торець довгої бобишки з однієї сторони. Потім, прийнявши оброблену поверхню отвору в якості подвійної направляючої технологічної бази, обробляють торець довгої бобишки з іншої сторони і, якщо потрібно, зовнішню циліндричну поверхню довгої бобишки. Потім для одержання відповідних зв'язків обробляють поверхні отворів (допоміжні бази) і торці коротких бобишок з одного боку, потім торці бобишок з іншого боку. Далі обробляють інші поверхні в послідовності, зазначеній в першому варіанті.

В залежності від конкретних умов послідовність обробки поверхонь важелів може дещо змінюватись відносно приведених типових схем. Наприклад, застосовуючи в другому варіанті фрезерування торців бобишок, їх обробляють до обробки отворів, при обробці важелів з короткими бобишками спочатку обробляють поверхню отвору (основну базу), а потім на наступній операції – поверхні отворів (допоміжні бази) важеля. Така послідовність у конкретних випадках обґрунтована економічністю досягнення точності поверхонь отворів – допоміжних баз роздільно від обробки поверхні отвору – основної бази, наприклад при обробці поверхні отвору (основної бази) важеля на агрегатному верстаті, чи при використанні відповідних групових пристосувань.

Якщо у важелів є виконавчі поверхні, то їх зазвичай спочатку обробляють попередньо після обробки основних баз важеля, а потім остаточно наприкінці технологічного процесу.

При обробці плоских бічних сторін торців бобишок важелів на першій операції за установчу технологічну базу приймають протилежну плоску поверхню стержня або поєднання торців бобишок. Направляючу та опорну базу

вибирають з умов зручності встановлення деталі. При обробці гладких отворів (основної та допоміжної бази) важеля з короткими бобишками за установчу технологічну базу приймають також протилежну плоску поверхню стержня чи поєднання торців бобишок важеля, а направляючу й опорну технологічні бази вибирають зазвичай для забезпечення необхідної співвісності отворів з відповідними бобишками.

Схеми варіантів (I – V) базування заготовки важеля з двома короткими бобишками при обробці в них отворів приведені на рис. 3.

Вибір варіанту базування конкретного важеля залежить від задачі, поставленої технічною умовою. Відобразивши технічну умову вихідною ланкою розмірного ланцюга і побудувавши розмірний ланцюг, можна розрахувати допуски на складові ланки розмірного ланцюга. Допуск на неточність вихідної ланки повинен бути призначений меншим від заданого технічною умовою, тому що частина допуску технічної умови повинна бути зарезервована на компенсацію неточностей, що виникають внаслідок закріплення деталі у пристосуванні і неточностями динамічного налагодження системи верстат-пристрій-інструмент-деталь (ВПД).

Для виявлення особливостей і оцінки представлених варіантів доцільно співставити їх шляхом визначення допусків на складові ланки розмірного ланцюга, виходячи з граничних відхилень її замикаючої ланки. Для більш чіткого порівняння варіантів можна обмежитись розглядом лише тих відхилень, що викликані неточністю базування заготовки і координування інструмента. Тоді замикаючою ланкою буде одержувана при кожному варіанті неспіввісності інструменту і бобишок заготовки важеля.

Схеми розмірних ланцюгів, за допомогою яких для першого варіанту базування досягається співвісність інструменту і бобишок важеля по осях X та Y , зображені на рис. 4 і 5. Повна неспіввісність буде вектором геометричного додавання замикаючих ланок розмірних ланцюгів по осях X та Y у вигляді величини E для ланок A_{Δ} і A'_{Δ} показана на рис. 4. Надалі для чіткості формул велика бобишка важеля умовно буде називається першою, а мала – другою.

Аналіз розмірних ланцюгів показує, що більша неспіввісність буде для віддаленої від опори *П* другої бобишки важеля, тому що розмірний ланцюг *Б* має більшу кількість ланок, ніж розмірний ланцюг *А*. При досягненні точності замикаючої ланки розмірного ланцюга за методом неповної взаємозамінності допуски на складові ланки розмірного ланцюга по осі *X* для партії важелів можна розраховувати за формулою:

$$\delta_{B_A} = t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_{B_1}^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_{B_2}^2 + \lambda'_3 \cdot \delta_{B_3}^2 + \lambda'_4 \cdot \delta_{B_4}^2},$$

а по осі *Y*

$$\delta_{B'_A} = t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_{B'_1}^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_{B'_2}^2 + \lambda'_3 \cdot \delta_{B'_3}^2},$$

де *t* – коефіцієнт ризику;

$\lambda'_1, \lambda'_2, \lambda'_3, \lambda'_4$ – коефіцієнти, що характеризують закони розподілу розмірів;

*B*₁–*B*₄ і *B'*₁–*B'*₄ – індекси допусків δ_i , показують ланки розмірних ланцюгів, що наведені на рис. 5.

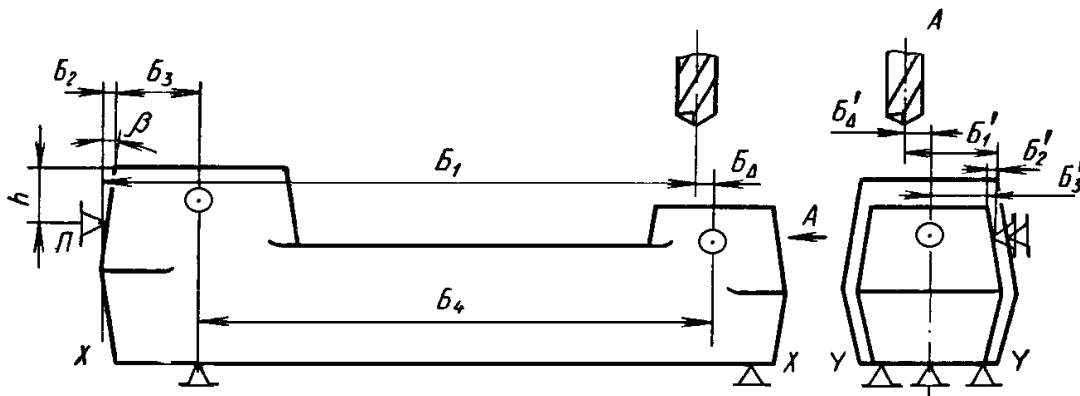


Рисунок 5 – Схеми розмірних ланцюгів, що визначають співвісність інструменту та другої бобики важеля при базуванні важеля за варіантом I

Вектор геометричного додавання δ_{B_A} і $\delta_{B'_A}$ буде дорівнювати $\sqrt{\delta_{B_A}^2 + \delta_{B'_A}^2}$.

Вважаючи, що пристосування налагоджують на координати середин полів допусків, для верхнього граничного відхилення від співвісності можна

записати

$$\Delta_{\epsilon} = +\Delta_{\epsilon} = \sqrt{\delta_{B_{\Delta}}^2 + \delta_{B'_{\Delta}}^2},$$

а для нижнього граничного відхилення

$$\Delta_{\epsilon} = -\Delta_{\epsilon} = \sqrt{\delta_{B_{\Delta}}^2 + \delta_{B'_{\Delta}}^2}.$$

Для допустимої неспіввісності необхідно встановити допуски δ_i . Ланка $B_3 = R = \frac{D}{2}$, а ланка $B'_3 = r = \frac{d}{2}$, де R і r – радіуси, а D і d – діаметри торців першої і другої бобишок важеля.

Допуски на діаметри першої δ_D і другої δ_d , бобишок важеля і на відстань $\delta_L = \delta_B$ між їхніми осями задати в технічних вимогах на заготовку. Допуски δ_{B_1} і $\delta_{B'_1}$ на неточність координування інструмента від опорних точок можна приблизно замінити допусками на відстані від осі отвору кондукторної втулки, до базуючих пристроїв пристосування і задати їх в технічних умовах на пристосування. Допуски δ_{B_2} і $\delta_{B'_2}$ можуть бути визначені за формулами:

$$\delta_{A_2} = h_1 \cdot (\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min});$$

$$\delta_{A'_2} = h_2 \cdot (\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min}),$$

де h_1 і h_2 – відстані по вертикалі від опорних точок поверхонь першої і другої бобишок важеля до торців бобишок;

β_{\max} і β_{\min} – найбільший і найменший допустимі кути нахилу поверхні бобишки до вертикалі.

Аналізуючи варіант I, можна зробити висновок, що товщина стінок першої f і другої g бобишок важеля (тут і далі на рис. 3) можуть бути значною

мірою нерівномірні. Необхідна товщина стінки f першої бобишки в напрямку осі X може бути досить точно витримана. В цьому випадку, конструкція пристосування найбільш проста порівняно з іншими варіантами.

Розглядаючи варіант II, можна встановити, що неспіввісність по осі X буде відповідати неспіввісності за варіантом I, тому що базування по осі X не змінилося. Неспіввісність по осі Y буде викликана лише неточністю координування інструменту, тому що направляючою технологічною базою є площина симетрії бобишок. Таким чином, у варіанті II товщина стінок f і g обох бобишок у напрямку осі Y виходить більш рівномірною, але може значно відрізнятись від товщини в напрямку осі X . Товщина стінки першої бобишки в напрямку осі X так само, як і у варіанті I, може бути досить точно витримана. Коливання товщини стінки g другої бобишки буде приблизно таке саме, як і у варіанті I. Конструкція пристосування складніша, ніж для варіанту I.

У варіанті III неспіввісність по осі Y з тієї ж причини, що і у варіанті II, буде викликана лише неточністю координування інструменту. Неспіввісність по осі X змінюється порівняно з варіантами I і II за рахунок зміни ланки B_2 (рис. 6) у порівнянні з ланками A_1 , A_2 (рис. 4) та B_2 і B_3 (рис. 5). Ланка B_2 є замикаючою ланкою Π_{Δ} похідного розмірного ланцюга Π і $B_2 = \Pi_{\Delta} = \Pi_1 + \Pi_2$, де Π_1 – відстань від вершини двогранного кута призми до точок контакту першої бобишки важеля з губками призми, а Π_2 – відстань від точок контакту до осі першої бобишки.

Ланка B_2 може бути знайдена за залежністю:

$$B_2 = \frac{R_{\kappa}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{D_{\kappa}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}},$$

де R_{κ} – радіус бобишки в площині дотичній до губок призми;

D_{κ} – діаметр бобишки в площині дотичній з губками призми;

α – двогранний кут призми.

В свою чергу, діаметр D_k може бути визначений за формулою:

$$D_k = D + 2 \cdot h_1 \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

де D – діаметр торця першої бобишки;

h_1 – відстань від торця бобишки до дотичної площини бобишки з призмою;

β – кут нахилу поверхні бобишки до вертикалі.

Допуск на ланку B_2 можна визначити за формулою:

$$\delta_{B_2} = \frac{\delta_D + 2 \cdot h_1 \cdot (\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min})}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

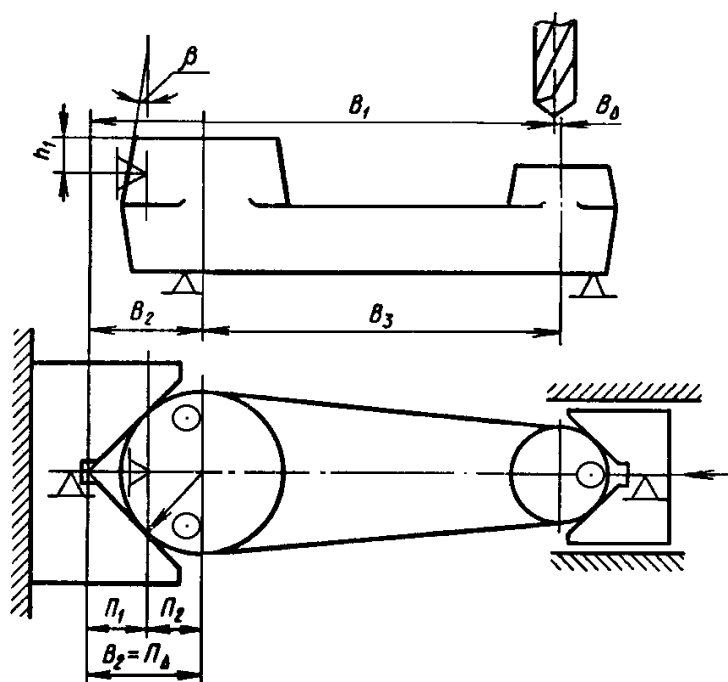


Рисунок 6 – Схеми розмірних ланцюгів які визначають співвісність інструменту і другої бобишки важеля при базуванні важеля за варіантом III

При аналізі варіанту III можна відзначити, що товщина стінок f і g

бобишок у напрямку осі Y подібно до варіанту II виходить досить рівномірною, але може відрізнятись від товщини в напрямку осі X більше, ніж у варіантах I і II. Товщина стінки f першої бобишки в напрямку осі X може значно відрізнятись від номінальної. Коливання товщини стінки g другої бобишки більше, ніж у варіантах I і II. Конструкція пристосування складніша, ніж для варіанту I, але простіша, ніж для варіанту II.

Розмірні ланцюги, за допомогою яких досягається співвісність інструменту з першою (ланцюг Γ) і другою (ланцюг E) бобишками важеля по осі X для варіанта IV зображені на рис 7.

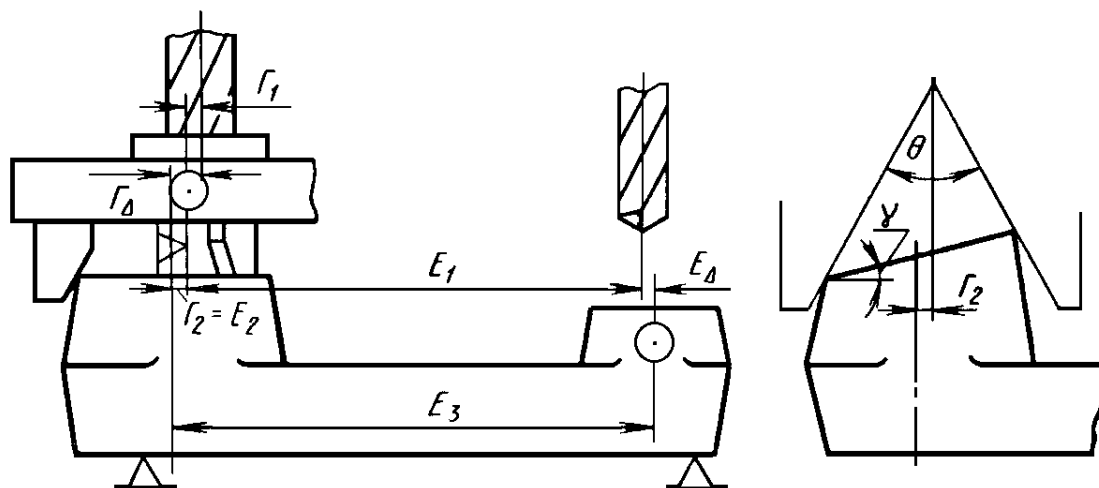


Рисунок 7 – Схема розмірного ланцюга, яка визначає співвісність інструменту і другої бобики важеля при базуванні важеля за варіантом IV

Неспіввісність інструменту і першої бобишки важеля викликається неточністю координування інструменту (ланка Γ_1) відносно осі конічної поверхні базуючого пристрою і зміщенням осі першої бобишки (ланка Γ_2) відносно осі конічної поверхні базуючого пристрою. Зміщення ланки Γ_2 виникає через неперпендикулярність торця бобишки до осі конічного базуючого пристрою пристосування.

Умовно вважаючи конічну поверхню базуючого пристрою пристосування суцільним конусом і нехтуючи неперпендикулярністю осі цього конуса та осі

поверхні бобишки до установчої технологічної бази важеля, зміщення ланки Γ_2 орієнтовно можна визначити за формулою:

$$\Gamma_2 \approx \frac{D}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \left(90^\circ - \frac{\theta}{2} \right)},$$

де D – діаметр проекції верхнього торця бобишки на площину, перпендикулярну до осі конуса (цей діаметр приблизно може бути замінений діаметром верхнього торця бобишки);

γ – кут відхилення верхнього торця бобишки від перпендикулярності до осі конуса, або приблизно кут відхилення від паралельності до установчої бази; для визначення найбільшої величини ланки Γ_2 умовно вважається, що найбільше відхилення γ знаходиться на осі X ;

θ – кут конуса базуючого пристрою.

Граничні відхилення від співвісності інструменту і першої бобишки по осі X при налагодженні пристосування на координати середин полів допусків для розрахунку допусків на складові ланки визначають за формулами:

$$\Delta_{\varepsilon} = +\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_{\Gamma_1}^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_{\Gamma_2}^2};$$

$$\Delta_{\eta} = -\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_{\Gamma_1}^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_{\Gamma_2}^2},$$

де δ_{Γ_1} і δ_{Γ_2} – допуски на ланки Γ_1 і Γ_2 .

Неспіввісність інструменту і першої бобишки важеля по осі Y виражається аналогічно неспіввісності по осі X . Через те, що найбільше відхилення γ може бути в напрямку між осями X і Y , зміщення Γ_2 по осях X і Y

будуть відповідно змінюватися.

Граничні відхилення від співвісності інструменту і другої бобишки важеля по осі X при налагоджуванні пристосування на координати середин полів допусків визначають за формулами:

$$\Delta_{\epsilon} = +\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_{E_1}^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_{E_2}^2 + \lambda'_3 \cdot \delta_{E_3}^2};$$

$$\Delta_{\eta} = -\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_{E_1}^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_{E_2}^2 + \lambda'_3 \cdot \delta_{E_3}^2},$$

де δ_{E_1} – допуск на неточність координування інструмента відносно осі конічної поверхні базувального пристрою;

$\delta_{E_2} = \delta_{\Gamma_2}$ – допуск на зміщення осі першої бобишки відносно осі конічної поверхні базувального пристрою;

δ_{E_3} – допуск на відстань між осями бобишки важеля.

Неспіввісність інструмента і другої бобишки важеля по осі Y буде визначатися в залежності від способу базування, кий може бути обраний за варіантами I – точка 5, II – точка 4, III – точка 5 (рис. 3). Аналізуючи варіант IV, можна зробити висновок, що товщина стінки f першої бобишки витримується досить рівномірно у всіх напрямках. Коливання товщини стінки g другої бобишки в напрямку осі X за інших рівних умов буде меншим, ніж у варіантів I, II, III. Конструкція пристосування складніша, ніж за попередніми варіантами, особливо, якщо точка b матеріалізована самоцентрувальним пристроєм.

При базуванні за варіантом V неспіввісність по осі Y , аналогічною варіанту III, буде викликана лише неточністю координування інструменту. Виникнення неспіввісності по осі X наведено на рис. 8.

У відповідності зі схемами (рис. 8), що показують положення призм, які рівномірно пересуваються при найменшому і найбільшому розмірах заготовки важеля, зміщення осей першої і другої бобишок при найбільших розмірах

заготовки (відносно положень при найменших розмірах заготовки) будуть складати

$$\frac{\delta_L}{2} - \frac{\delta_R - \delta_r}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad \frac{\delta_L}{2} + \frac{\delta_R - \delta_r}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}},$$

В даному випадку при $\delta_R = \delta_r$ зміщення осей бобишок буде $\frac{\delta_L}{2}$.

При деяких співвідношеннях розмірів заготовок важелів коливання положення осі першої бобишки може бути:

$$\text{від } -\frac{\delta_R}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \text{ (при } R_{\max}, r_{\min}, L_{\min}) \text{ до } \frac{\delta_L}{2} + \frac{\delta_r}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \text{ (при } R_{\min}, r_{\max}, L_{\max});$$

а осі другої бобишки

$$\text{від } -\frac{\delta_r}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \text{ (при } R_{\min}, r_{\max}, L_{\min}) \text{ до } \frac{\delta_L}{2} + \frac{\delta_R}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \text{ (при } R_{\max}, r_{\min}, L_{\max}).$$

В таких умовах величина коливання положення осі кожної бобишки буде дорівнювати:

$$\frac{\delta_L}{2} + \frac{\delta_R}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{\delta_r}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Через те, що одержання всіх цих поєднань розмірів у партії важелів дуже малоймовірне, для розрахунку допусків на складові ланки, як і раніше, варто застосувати імовірнісний метод розрахунку.

Для зменшення кількості знаків у майбутніх формулах, що визначають

відхилення від співвісності інструменту і бобишок за варіантом V, використовуючи раніше прийняті позначення, можна прийняти з урахуванням конусності бобишок такі скорочені позначення:

$$\frac{\delta_R + h_1(\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min})}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \delta_2; \quad \frac{\delta_r + h_2(\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min})}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \delta_3; \quad \frac{\delta_L}{2} = \delta_4;$$

де δ_1 – допуск на неточність координування інструменту (прийнятий однаковим для першої і другої бобишок).

Відповідно до цих позначень при налагодженні пристосування на координати середин полів допусків граничні відхилення від співвісності інструменту і бобишок важеля будуть рівні

$$\Delta_{\varepsilon} = +\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_1^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_2^2 + \lambda'_3 \cdot \delta_3^2 + \lambda'_4 \cdot \delta_4^2};$$

$$\Delta_{\varepsilon} = -\frac{1}{2} \cdot t \cdot \sqrt{\lambda'_1 \cdot \delta_1^2 + \lambda'_2 \cdot \delta_2^2 + \lambda'_3 \cdot \delta_3^2 + \lambda'_4 \cdot \delta_4^2}.$$

Аналіз варіанту V показує, що товщина стінок f і g бобишок важеля в напрямку осі Y аналогічно до варіантів II і III витримується досить рівномірно, але може відрізнятися від товщини в напрямку осі X . Коливання товщини в напрямку осі X стінки g другої бобишки менше, ніж за попередніми варіантами, а стінки f першої бобишки більше, ніж згідно варіантів I, II і IV і може бути більшим, ніж за варіантом III. Пристосування, за складністю конструкції, приблизно відповідає варіанту II.

Вибір установчої технологічної бази в комплекті баз при обробці отвору у важелів з довгою бобишкою недоцільний, тому що через неперпендикулярність бобишки до установчої технологічної бази на одному з кінців бобишки виникне істотна неспіввісність отвору і бобишки. Тому при обробці отвору у важелів, що мають довгу бобишку, у комплекті технологічних баз замість установчої

бази варто вибирати подвійну напрямну базу. Одним з таких варіантів може бути базування важеля по довгій бобишці на нерухомій призмі. Тоді в партії важелів залежна від коливання ω_D діаметра довгої бобишки частка ω розсіювання неспіввідності отвору і бобишки буде рівною

$$\omega = \frac{\omega_D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}},$$

де α – двогранний кут призми.

Для усунення цієї похибки в якості базуючого пристрою пристосування може бути прийнята самоцентрувальна призма (рис. 9, а) або самоцентрувальний патрон.

В окремих випадках у якості технологічних баз приймають перехідні поверхні (заокруглення або фаски) між бічною поверхнею і торцями довгої бобишки важеля (рис. 9, б). При такому базуванні виникає неспіввідність e отвору і бобишки важеля (рис. 9, в) внаслідок неперпендикулярності торців до осі бобишки.

Після оброблення поверхні отвору – основної бази важеля – його зазвичай приймають у якості однієї з технологічних баз на наступних операціях обробки важеля.

При виборі методів оброблення поверхонь важелів можна виходити з таких варіантів, які використовують на практиці.

Плоскі поверхні важелів фрезерують або при більш точних заготовках шліфують на плоскошліфувальних верстатах.

Отвори 7 – 9 квалітетів діаметром приблизно до 15 мм свердлять і розвертують, а діаметром понад 15 мм – свердлять, зенкерують і розвертують. Якщо отвір отриманий у заготовці, то його зенкерують і розвертують. У крупносерійному і масовому виробництві для обробки отворів діаметром понад 20 мм застосовують протягування. Отвори точністю до 11 квалітету зазвичай не розвертують.

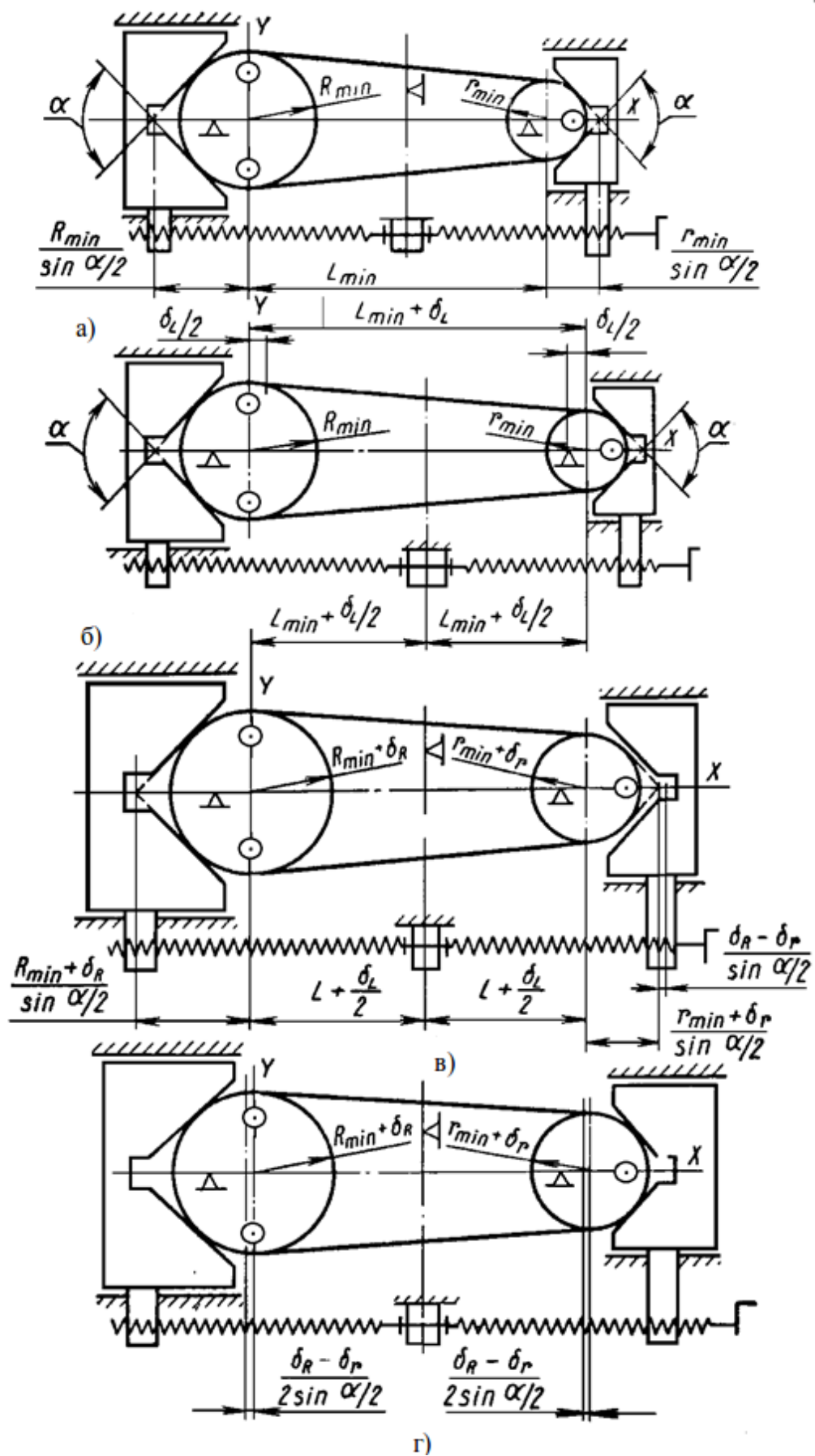


Рисунок 8 – Схеми положення призм при базуванні важеля за варіантом V

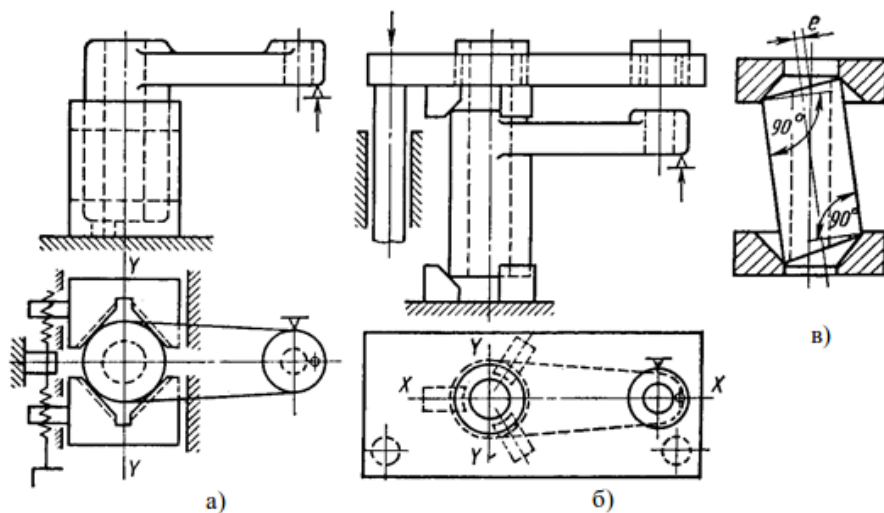


Рисунок 9 – Варіанти базування важеля з довгою бобишкою:

а – бази – площини симетрії і торець довгої бобишки, бічна поверхня короткої бобишки; *б* – бази – перехідні поверхні (заокруглення або фаски) між бічною поверхнею і торцями довгої бобишки, бічна поверхня короткої бобишки; *в* – перекіс деталі внаслідок неперпендикулярності торців і осі циліндричної поверхні довгої бобишки при базуванні важеля

Торці коротких бобишок фрезерують або цекують, а торці довгих бобишок цекують або обточують. Переваги цекування такі: зменшення довжини робочого ходу інструменту; спрощення і здешевлення пристосування внаслідок притиску деталі до опори під дією осьової складової сили різання; зменшення допоміжного часу за рахунок більш простого встановлення деталі в пристосуванні та скорочення часу на окреме встановлення деталі при суміжній обробці отвору і торця.

Перевагою обточування є одержання більш високої перпендикулярності торця до осі отвору і можливість обробки великих торців. Переваги фрезерування – можливість обробляти широкі і некруглі торці; паралельна обробка двох торців бобишки; спільна обробка декількох деталей; суміщення часу зміни деталі з машинним часом при використанні поворотних столів чи при маятниковій подачі.

При окремій обробці торця бобишки технологічними базами можуть бути такі поверхні: отвори – подвійна направляюча база і протилежний торець

бобишки – опорна база (рис. 10, *а, б*), чи отвори – подвійна опорна база і протилежний торець бобики – установча база (рис. 10, *б*); третя база на схемах не вказана, оскільки у всіх трьох варіантах вона позбавляє деталь однієї ступені вільності – обертання навколо осі отвору. При базуванні за варіантами, показаними на рис. 10, *а, б*, деталь встановлюють на гладкий палець пристосування з зазором в отворі, а за варіантом, зображеним на рис. 10, *в* – на розтискний палець, що центрує деталь без зазору в отворі.

Згідно технічних умов, неперпендикулярність торців бобишки до осі її отвору, обмежується допуском. Необхідна перпендикулярність торця *T* бобики, який обробляється, до вісі раніше обробленого отвору в ній при базуванні важеля за варіантами *а, б, в*, досягається за допомогою розмірних ланцюгів β , γ , ζ , (рис. 10, *а, б, в*). Неточність базування важеля викликає повертання осі отвору в бобишці важеля відносно площини *E – E* столу верстата, що впливає на значення неперпендикулярності торця *T*, який обробляється до всі отвору в бобишці.

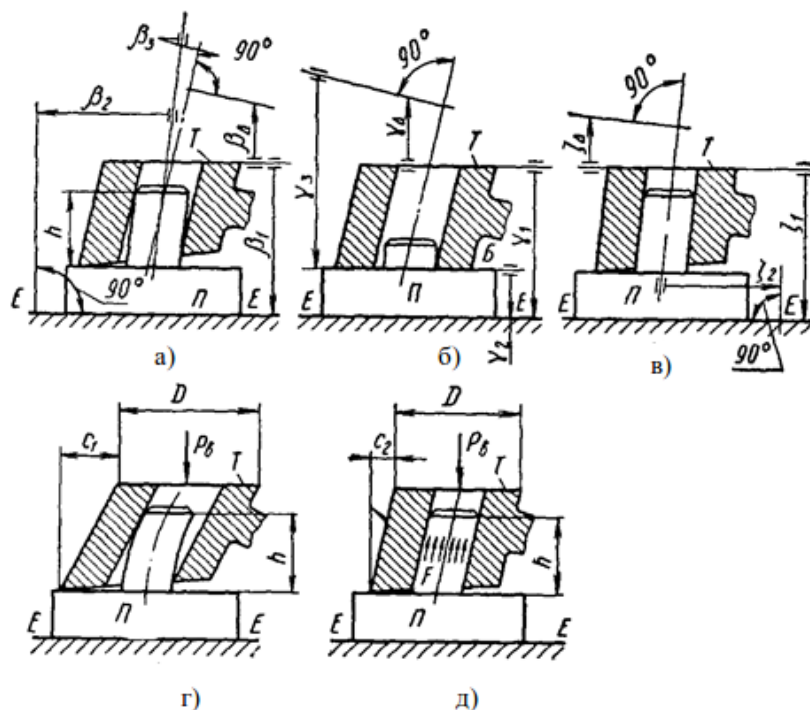


Рисунок 10 – Варіанти базування важеля при обробці торця бобишки і схеми згину центруючого пальця пристосування під дією осьової складової сили різання

За варіантом *a* неточність базування важеля викликається похибками на ланках β_2 і β_3 , які повинні обмежуватися допусками: β_2 – допуск на неперпендикулярність осі базуючого пальця пристосування *П* до площини основи пристосування, що контактує з площиною *E – E* столу; δ_{β_3} – допуск на поворот осі отвору в бобишці відносно осі пальця внаслідок зазору між пальцем і отвором, що дорівнює:

$$\delta_{\beta_3} = \frac{\delta_{d_1} + \delta_{d_2} + s_m}{h},$$

де δ_{d_1} і δ_{d_2} – допуски на діаметри отвору і пальця пристосування, що базується; s_m – гарантований зазор між пальцем і отвором.

За варіантом *б* неточність базування важеля викликається похибками на ланках γ_2 і γ_3 (рис. 10, *б*).

Обмежуючи ці похибки допусками, можна встановити:

δ_{γ_2} – допуск на непаралельність базуючої поверхні *Б* пристосування *П* до площини основи пристосування, що контактує з площиною *E – E* столу верстата;

δ_{γ_3} – допуск на неперпендикулярність базового торця бобишки важеля до осі отвору в ній.

За варіантом *в* неточність базування важеля викликається похибкою на ланці ζ_2 (рис. 10, *в*). Обмеження її дає δ_{ξ_2} – допуск на неперпендикулярність осі базуючого пальця пристосування *П* до площини основи пристосування.

Відносний поворот осі отвору в бобишці, а отже, і неперпендикулярність оброблюваного торця бобишки до осі отвору за варіантами *a* і *в* збільшується внаслідок вигину пальця пристосування під дією осьової складової P_ϵ сили різання (рис. 10, *з, д*) при цекуванні або сумарною дією інших складових сили різання при фрезеруванні і обточуванні. Розглядаючи палець пристосування як консольну балку, можна вважати, що під дією сили P_ϵ палець пристосування

згинається моментом

$$M_1 = P_{\epsilon} \cdot \left(\frac{D}{2} + c_1 \right),$$

за схемою рис. 10, з і моментом

$$M_2 = (P_{\epsilon} - F) \left(\frac{D}{2} + c_2 \right).$$

За схемою рис. 10, д, нехтуючи малими величинами c_1 , c_2 , можна вважати момент

$$M_1 \approx P_{\epsilon} \cdot \frac{D}{2}$$

і момент

$$M_2 \approx (P_{\epsilon} - F) \cdot \frac{D}{2},$$

де D – діаметр бобишки;

P – сила тертя між отвором і пальцем.

Допуск на додатковий поворот осі отвору, що викликаний вигином пальця в бобищі відносно площини $\Pi-\Pi$ для варіанту рис. 10, а, з буде

$$\delta_{\beta_{\epsilon}} = \frac{M_1 \cdot h}{E \cdot I}$$

а за варіантом рис. 10, в, д, за умови, що момент прикладений на висоті $h/2$ від

опорного торця

$$\delta_{\xi_s} = \frac{M_1 \cdot h}{2 \cdot E \cdot I},$$

де E – модуль пружності;

I – момент інерції пальця.

Порівняльний аналіз варіантів показує, що найменша точність властива другому варіанту базування (рис. 10, б), а також при обробці обох торців окремо від отвору. Якщо один торець бобишки цекований при одному встановленні з обробкою отвору, то точність значно підвищується, і при другому варіанті можна одержати більш високу точність, ніж при першому. Найвищу точність можна забезпечити при третьому варіанті базування (рис. 10, в), однак у цьому випадку пристосування виходить більш дорогим та складним. Тому третій варіант може бути рекомендований в основному при обточуванні торця бобишки. Остаточний вибір варіанту базування важеля при обробці торців бобишки може бути зроблений з урахуванням допусків на неточність статичного і динамічного налагодження системи ВПІД. Шпонковий паз, шліци або зубці в отворі, протягують.

Якщо важіль має вилкоподібну форму, то паз вилки зазвичай фрезерують. При відсутності паза в заготовці важеля фрезерування його в залежності від твердості «вуха» виконують до чи після обробки отворів у «вухах». Якщо твердість «вуха» достатня, то паз варто фрезерувати за першим, більш економічним варіантом. Якщо ж твердість «вуха» незначна, то з метою уникнення неприпустимих деформацій «вуха» при наступній обробці в ньому отвору, доводиться фрезерувати паз за другим варіантом – після обробки отвору в суцільному матеріалі. Перевага другого варіанту – відсутність заусенців на краях отвору, що з'являються при вході інструменту в паз деталі при обробці за першим варіантом.

Отвори, перпендикулярні основній базі, можна обробляти роздільно за один установ, використовуючи поворотне пристосування.

Оптимальний варіант вибирають за результатами техніко-економічного порівняння.

Технологічний маршрут обробки важеля, що має поверхні отворів (допоміжні бази) паралельні і перпендикулярні поверхні отвору (основній базі) і торці бобишок у різних площинах, для умов серійного виробництва, наведений у табл. 2.

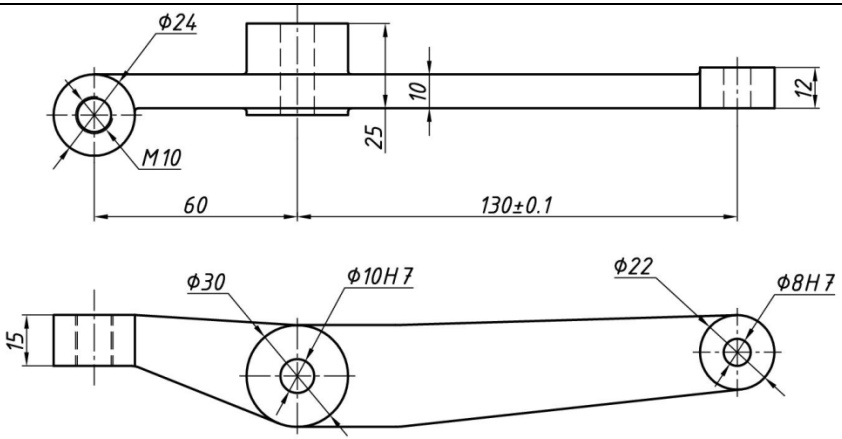
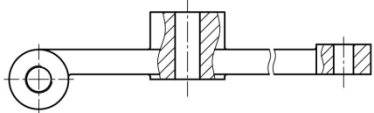
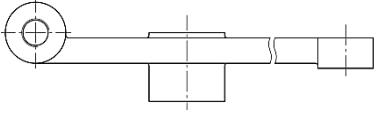
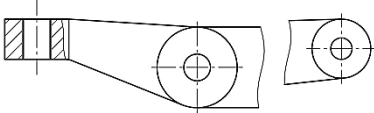
Дрібні отвори, що входять в інші отвори, обробляють на кінцевих операціях. Заусенці, що утворилися на місці їх виходу, мають бути зняті.

Виконавчі поверхні важелів з непаралельністю, що допускається, відносно осі отвору (основної бази) більше 0,4:100 можна не обробляти, а одержувати литвом по виплавлюваних моделях. При більш високій точності їх варто обробляти. Для підвищення зносостійкості виконавчих поверхонь, що працюють зазвичай в умовах напівсухого тертя і в ряді випадків при досить значних навантаженнях, що відповідають ділянкам важелів зі середньовуглецевої сталі (0,40...0,50 % C) піддають місцевому гартуванню зазвичай з нагріванням струмами високої частоти, а важелі з маловуглецевої сталі (0,20...0,35 % C) – хіміко-термічній обробці.

Глибина загартованого шару металу при поверхневому гартуванні з електронагрівом струмами високої частоти у важелів коливається зазвичай в межах 2...3 мм, а твердість на поверхні, наприклад для сталі 45, *HRC* 56 – 62.

Ефективним видом хіміко-термічної обробки важелів є нітроцементация, яку ще називають також газовим ціануванням. Сутність нітроцементации полягає в насиченні поверхневого шару сталевих деталей вуглецем і азотом одночасно, що після гартування і відпуску забезпечує підвищення поверхневої твердості і особливо зносостійкості деталей. Процес нітроцементации ведеться при температурі 840–850° С в середовищі газової суміші, що складається з 70 – 80 % науглецьованого газу і 20–30 % аміаку. Глибину термічно обробленого шару в деталях одержують у межах 0,2–0,5 мм. В залежності від глибини шару процес нітроцементации триває 1,5...3 год. Після гартування і відпуску твердість шару металу на поверхні складає *HRC* 56 – 62.

Таблиця 2 – Технологічний маршрут обробки важеля з бобишками

			
№ опер.	Ескіз	Зміст операції	Технологічні бази
1		Свердління отворів, карбування торців бобишок і розвертання отворів діаметром 8H7 і 10H7	Протилежна плоска поверхня стержня; поверхні бобишок, в яких обробляють отвори
2		Карбування протилежного торця бобишки діаметром 30 мм	Поверхня обробленого отвору в середній бобишці; протилежний торець бобишки; бокова поверхня стержня
3		Свердління отвору під різь, карбування торця бобишки, зенкування фасок, нарізування різі M10	Поверхня обробленого отвору в середній бобишці; протилежний торець бобишки, в якій обробляється отвір; поверхня бобишки
4	—	Зачищення заусенців	—
5	—	Промивання і продування деталі	—

Перед термічним обробленням виконавчі поверхні важелів попередньо фрезерують профільними фрезами або, у масовому виробництві, протягують, використовуючи при великих програмах випуску важелів (наприклад, коромисел клапанів двигунів автомобілів) верстати безперервної дії. Після термічної обробки при необхідній шорсткості $Ra\ 0,8\ \mu\text{м}$ виконавчі поверхні важелів шліфують на плоскошліфувальних верстатах, а для досягнення $Ra\ 0,2\ \mu\text{м}$ ще і полірують, використовуючи в масовому виробництві верстати з гнучкою стрічкою.

В комплекті технологічних баз при обробці виконавчих поверхонь важелів у більшості випадків варто вибирати поверхні отвору (основні бази), з якими виконуючі поверхні зв'язані відстанями і відносними поворотами.

Устаткування та оснащення при обробленні важелів залежать від серійності виробництва. Для одиничного і дрібносерійного виробництва в окремих випадках більш економічним є введення розмітки площин, торців бобишок, отворів, пазів важелів. Обробку ведуть на універсальних верстатах з вивіркою деталей за розміткою. При труднощах і ненадійності одержання необхідної точності відносного положення оброблюваних поверхонь важелів або при значних витратах часу на розмітку і вивірку заготовок, обробку важелів виконують в універсально-збірних пристосуваннях (УЗП). При досить великій номенклатурі важелів у дрібносерійному виробництві стає економічнішим організувати їх групову обробку і застосовувати універсально-налагоджувальні (УНП) і спеціалізовані (групові) пристосування.

У серійному виробництві важелі обробляють в основному без розмітки на налагоджених універсальних верстатах, використовуючи спеціальні пристосування або організовуючи групову обробку з застосуванням УНП і групових пристосувань.

На рис.11 та 12 зображені різні схеми базування важеля при свердлінні отворів в головках важеля. Приклад одночасного свердління отворів в головках важеля наведений на рис.12

Поширення групової обробки важелів обумовлено подібністю форми і

технічних умов на виготовлення, однорідністю оброблюваних поверхонь, невеликим діапазоном розмірів, що дозволяє поєднувати різні важелі в групи для обробки на однотипному устаткуванні з незначним переналагодженням технологічного оснащення. Для обґрунтованого вибору УНП, групових або спеціальних пристосувань повинен бути проведений техніко-економічний розрахунок. При фрезеруванні площин і торців бобишок важелів у якості УНП часто використовують верстатні лещата зі змінними губками (наладками) для встановлення різних важелів.

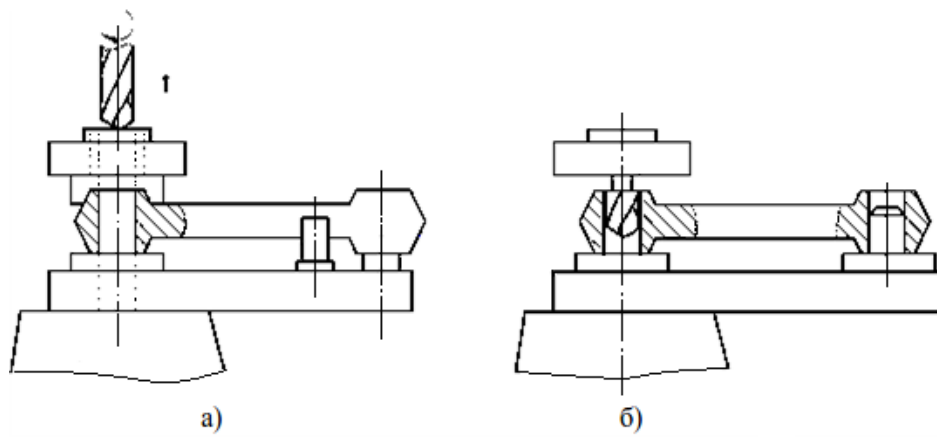


Рисунок 11 – Схеми свердління отворів в головках важеля:

а – свердління отвору з базуванням головки важеля по кондуктору; *б* – свердління отвору з базуванням по отвору в другій головці

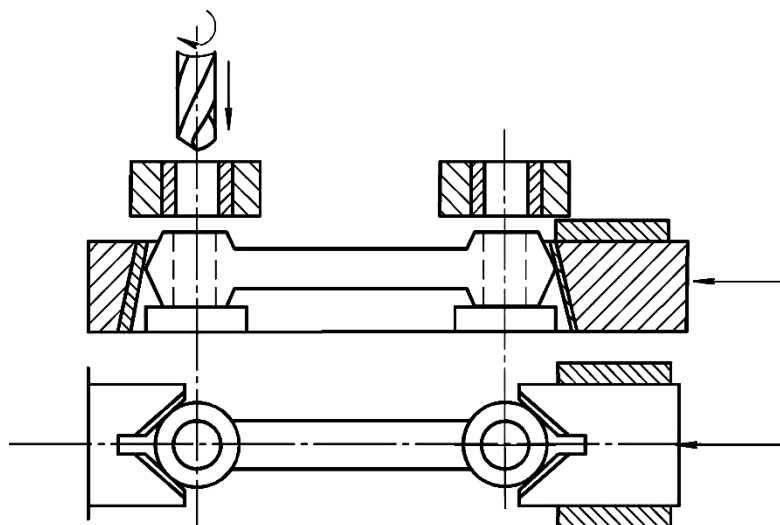


Рисунок 12 – Схема пристосування для одночасного свердління отворів

Оброблення отворів важелів виконують з використанням кондукторів. Груповий кондуктор зображено на рис.13.

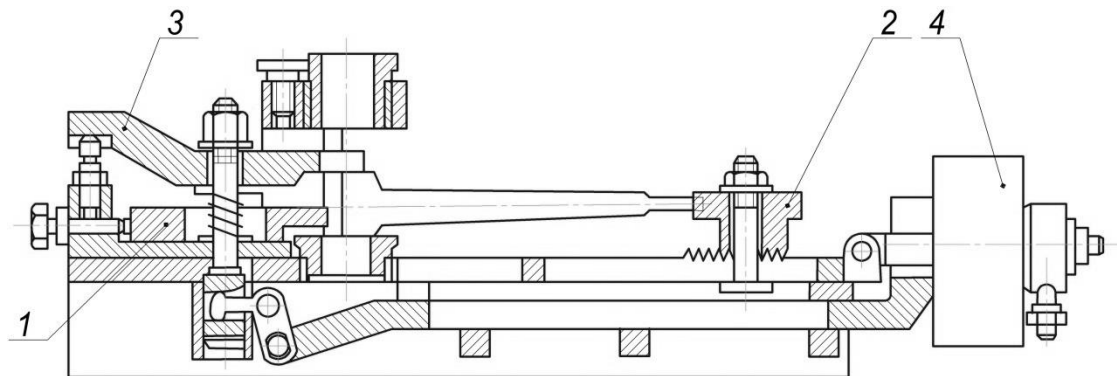


Рисунок 13 – Груповий кондуктор, що застосовується при обробці одного отвору в важелі

Для переналагодження групового кондуктора пересувають призму 1 і закріплений на повзуні сухар 2 і, якщо потрібно, регулюють гвинтову опору прихвата 3. Закріплення важеля в пристосуванні одночасно в двох місцях сухарем 2 і прихватом 3, механізовано за допомогою пневмоциліндра 4.

Для зменшення часу на переналагодження спеціальних пристосувань при обробці деталей на радіально-свердлильних верстатах застосовують круглі поворотні столи, на яких встановлюють пристосування, що підводяться в робоче положення поворотом столу, а для вертикально-свердлильних верстатів застосовують поворотні кільцеподібні столи, що охоплюють колону верстата. Оснащуючи вертикально-свердлильний верстат багатошпиндельною головкою і круглим поворотним столом, можна організувати багатопозиційну обробку важелів в групових переналагоджуваних пристосуваннях. Перша позиція може служити для зміни оброблюваних деталей. При використанні, наприклад, трьохшпиндельної головки на першій позиції можна змінювати деталь, на другій позиції свердлити отвір у бобишці важеля, на третій – зенкерувати, на четвертій – розвертувати. Якщо не потрібно якогось з перерахованих переходів обробки, то на одній з позицій можна цекувати торець бобишки.

Для зменшення витрат на виготовлення кондукторів і скорочення

термінів підготовки нового виробництва обробку важелів можна виконувати на верстатах з програмним керуванням. Доцільність їх застосування повинна бути підтверджена техніко-економічними розрахунками.

У крупносерійному і масовому виробництвах при виготовленні важелів використовують багатомісні пристосування, схеми яких зображені на рис.14 і 15, організовуючи безупинну обробку. З цією метою часто застосовують агрегатні багатопозиційні верстати.

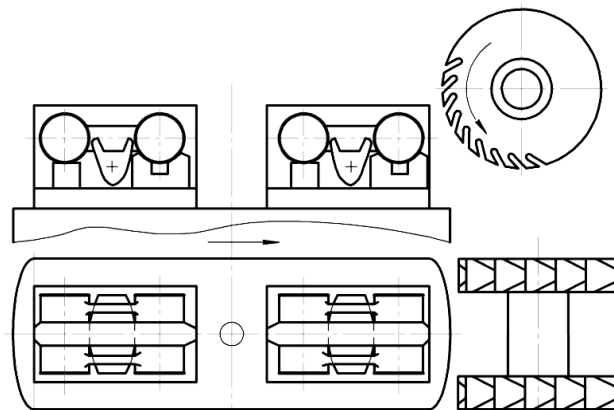


Рисунок 14 – Схема багатомісного фрезерування

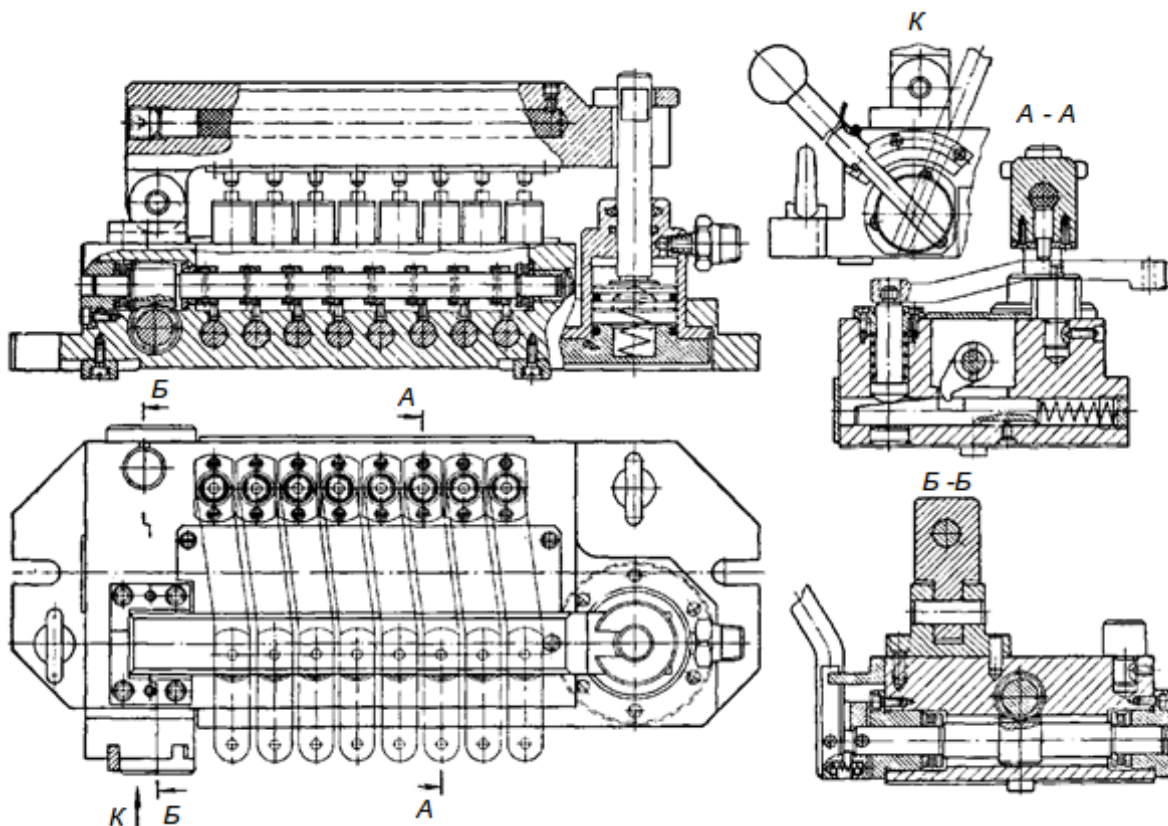


Рисунок 15 – Схема пристосування для базування і закріплення важеля та координування фрези при фрезеруванні торця бобишки важеля

На рис. 16 наведена схема безперервного фрезерування паза у важелях при встановленні на вертикально-фрезерному верстаті, оснащеному круглим обертовим столом. На столі закріплені 12 змінних пристосувань для встановлення деталей. Деталі закріплюються за допомогою гідроциліндрів, змонтованих у периферії столу. При підході до зони різання деталі автоматично закріплюються, а при виході автоматично розкріплюються. Завантаження і розвантаження пристосувань робітником за часом суміщені з обробкою деталей.

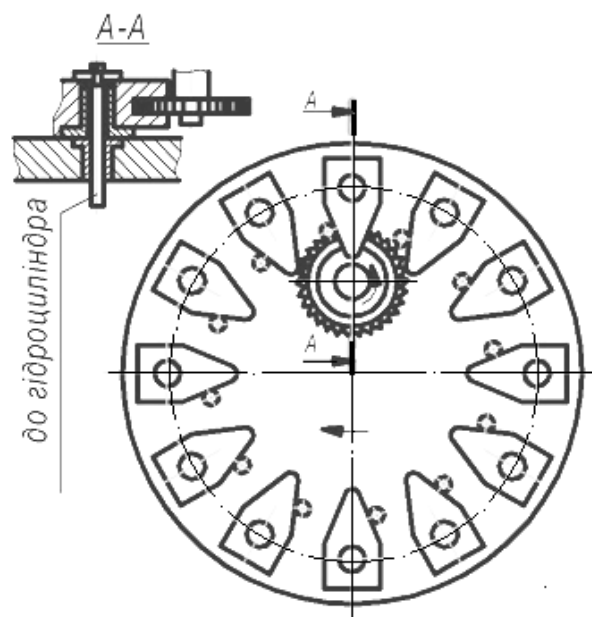


Рисунок 16 – Схема неперервного фрезерування паза у важелів на горизонтально-фрезерному верстаті з обертовим столом

На рис. 17 зображено групове встановлення шести різних важелів на одній з позицій 33-шпиндельного агрегатного чотирьохпозиційного свердлильного верстата. Одна з позицій служить для зміни деталей, у той час коли на трьох інших проводиться обробка (свердління, зенкерування, розвертування) отворів O у встановлених важелях. Важелі встановлюють у змінному установчому налагодженні, плита 1 яка змонтована на корпусі 2, що закріплений на поворотному столі верстата. Всього на столі встановлено

чотири корпуси за числом позицій верстата. Для переходу на обробку інших деталей використовують плиту 1.

Фрезерування торців бобишок важеля з застосуванням маятникової подачі зображено на рис.18.

При великій програмі випуску організовують змінно-потоккову обробку важелів. У масовому виробництві при дуже великій програмі випуску і багатоперехідній обробці стає економічно вигідним виготовляти важелі, наприклад коромисла клапанів автотракторних двигунів, на автоматичних лініях.

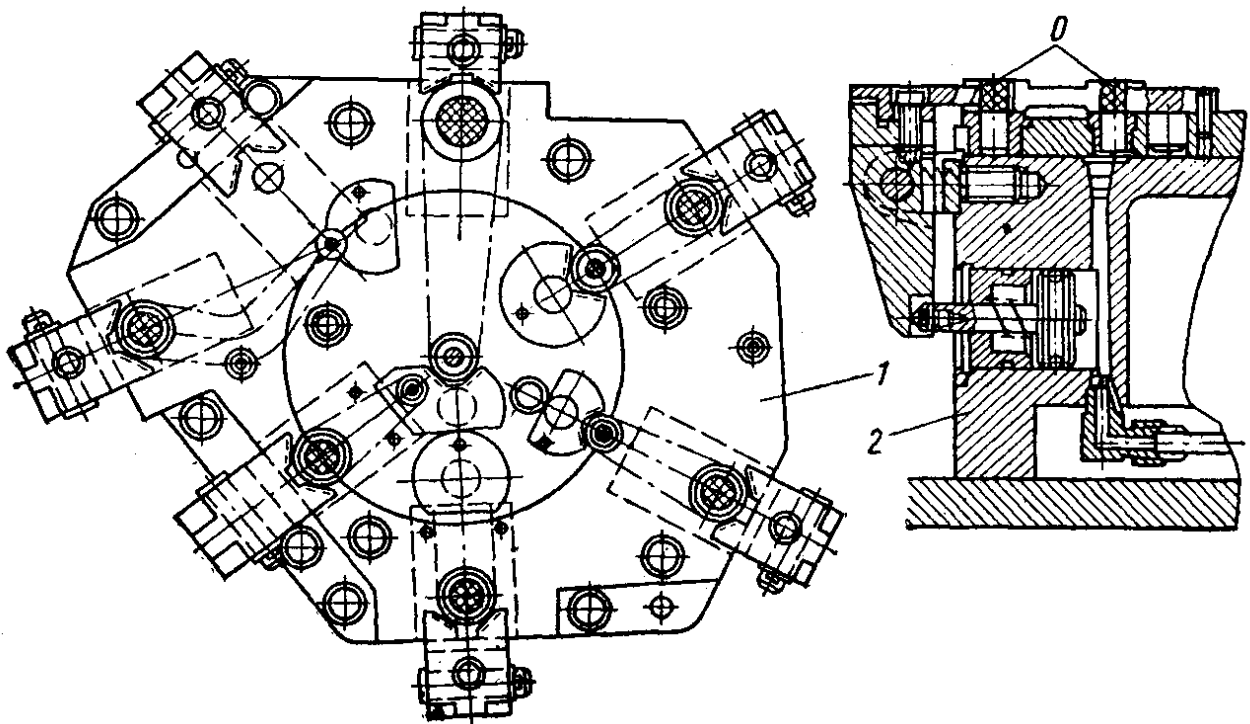


Рисунок 17 – Схема встановлення важелів на агрегатному багатошпindelьному чотирьох позиційному свердильному верстаті

Аналіз креслень і наведених технічних умов на вилки перемикачів показує, що виконавчі поверхні та ряд інших оброблюваних поверхонь зв'язані відстанями і відносними поворотами з основною подвійною направляючою базою вилки – поверхнею отвору. У свою чергу, поверхня отвору – основна база вилки – повинна бути співвісна з бобишкою.

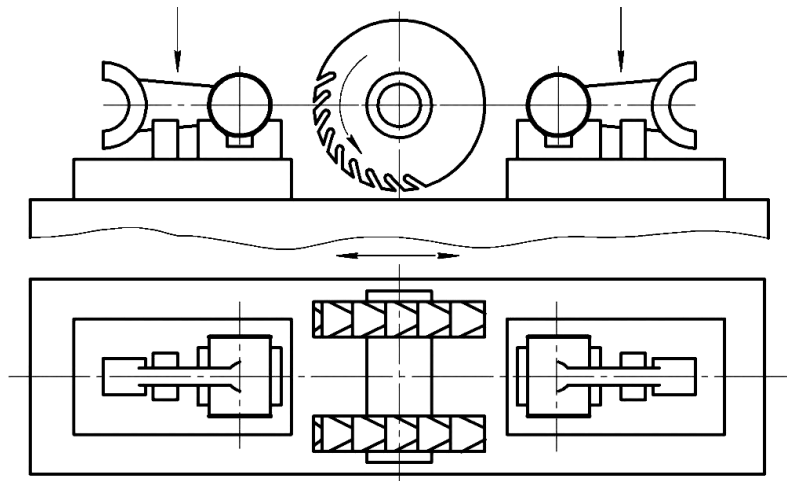


Рисунок 18 – Схема маятникового фрезерування

Для одержання цих зв'язків у більшості плоских вилок спочатку обробляють поверхню отвору – основну подвійну направляючу базу вилок, а потім, для одержання зв'язків з нею інших поверхонь, приймають її за одну з технологічних баз на наступних операціях. Потім, в залежності від наявності у вилок тих чи інших поверхонь, обробляють центральний напівотвір, площини, пази, виконавчі поверхні, дрібні отвори. Якщо за службовим призначенням виконавчі поверхні вилок повинні мати підвищену твердість, то їх обробляють спочатку попередньо, піддають термічній обробці, а наприкінці технологічного процесу обробляють остаточно.

Наведена схема послідовності обробки плоских вилок може дещо змінюватися, в залежності від конструктивних особливостей і економічності досягнення необхідної якості вилок. Якщо, наприклад, у вилок повинні бути оброблені торці бобишки, то один торець обробляють при одному встановленні з обробкою отвору в бобишці, а інший торець – на наступній операції або обидва торці одночасно фрезерують до обробки отвору в бобишці. Якщо у вилок є велика оброблювана площина, то її обробляють на першій операції і приймають у якості установчої технологічної бази при обробці отвору – основної бази вилок. При здвоєній заготовці, тобто її компонуванню з двох вилок, вводиться додаткова операція розрізування заготовки на два окремі вилок. Ця операція виконується зазвичай після обробки отворів у бобишках і

центрального отвору, яке можна раціонально обробити при одному встановленні з обробкою отворів у бобишках.

При небезпеці виникнення неприпустимих деформацій через перерозподіл внутрішніх напружень виконавчі поверхні вилки навіть звичайної твердості обробляють у самому кінці технологічного процесу після обробки дрібних отворів.

У поздовжніх вилках спочатку обробляють поверхню отвору – основну подвійну направляючу базу вилки – і, якщо потрібно, торець бобишки. Потім, використовуючи в якості однієї з технологічних баз поверхню обробленого отвору, протягують шліци в отворі, якщо вони передбачені конструкцією, далі обробляють зв'язані з поверхнею отвори – основною базою – площини і пази, а потім дрібні отвори.

Виходячи з особливостей конструкції плоских вилок, що мають досить великі габарити, установчою технологічною базою на першій операції обробки отвору в бобишці може служити поєднання найбільш віддалених поверхонь вилки. Варіанти базування одиничної заготовки плоскої вилки при обробці отвору показані на рис. 19. Неспіввісність отвору і бобишки для першого варіанту, яка залежить від коливання діаметра бобишки у напрямку осі Y буде дорівнює нулю, а по осі X дорівнює $\delta_D / (2 \sin(\alpha/2))$, де δ_D – допуск на діаметр бобишки і α – кут призми. За другим варіантом, який подібний схемі базування важеля, яка розглянута раніше, неспіввісність по осях X та Y , не враховуючи дії інших факторів, буде залежати від неперпендикулярності торця до осі бобишки вилки. Конструктивно другий варіант складніший за перший. Якщо виконавчі поверхні вилки у заготовці отримані недостатньо точно, то за установчу базу слід приймати з'єднання торця бобишки і плоских найбільш віддалених від бобишки необроблюваних бічних ділянок вилки. При обробці здвоєних заготовок, скомпонованих з двох плоских вилок, базування може бути виконане за одним із двох варіантів, показаних на рисунку 19, б. Неспіввісності, які одержують, аналогічні тим, що розглянуті для варіантів III і V базування важеля з двома короткими бобишками.

Базування подовгуватих вилок з довгою бобишкою може бути прийняте за одним із варіантів базування важеля з довгою бобишкою.

Технологічні маршрути обробки двох характерних вилок в умовах серійного виробництва наведені в табл. 3 і 4.

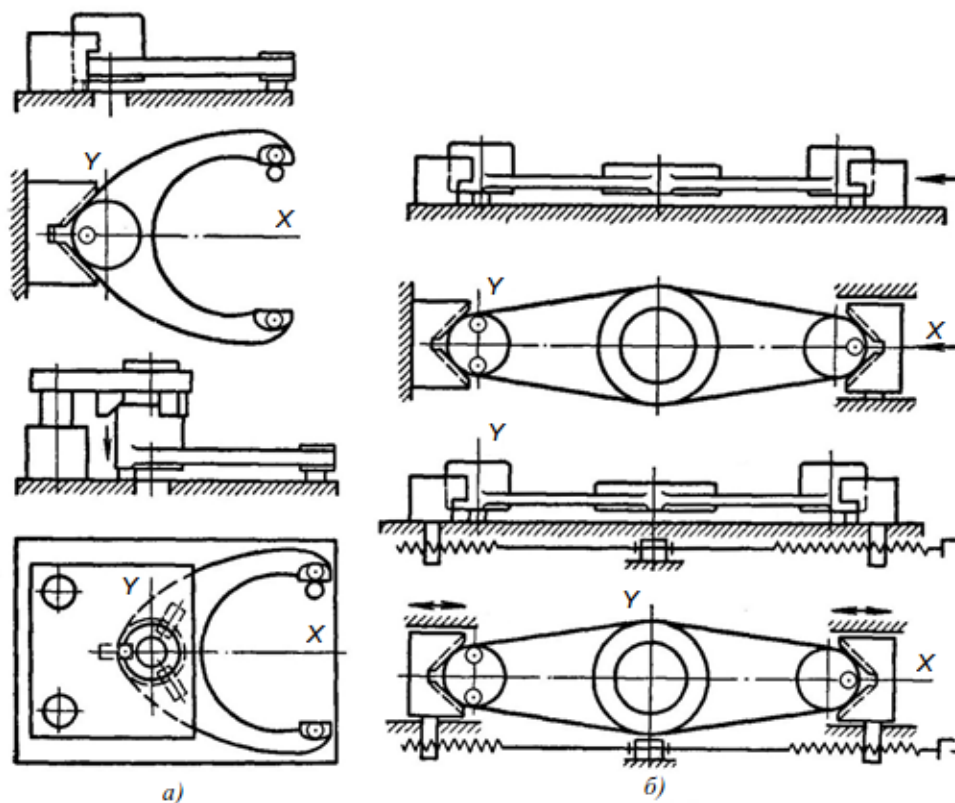


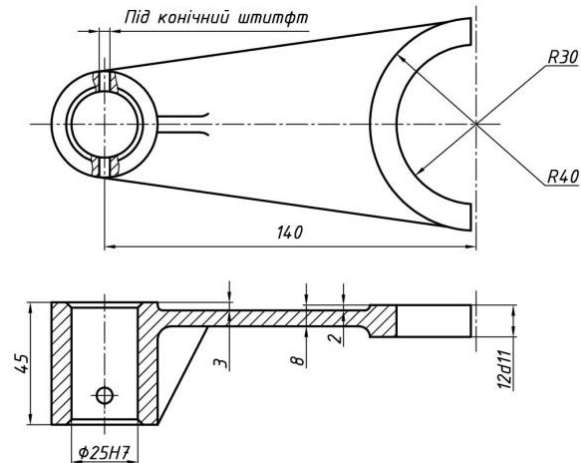
Рисунок 19 – Схема базування плоскої вилки:

а – одиничної заготовки; *б* – здвоєної заготовки скомпонованих із двох вилок

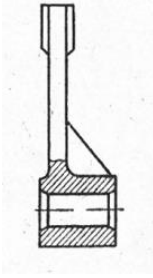
Методи оброблення отворів і торців бобишок в основному аналогічні раніше розглянутим для важелів. Розрізування здвоєних заготовок плоских вилок зазвичай виконують на фрезерних верстатах. Пази і уступи вилок фрезерують, а в масовому виробництві протягують.

Виконавчі поверхні плоских вилок у вигляді паралельних площин, отриманих у заготовках неточними методами (лиття в піщані форми, штампування), фрезерують набором дискових фрез. Якщо ж вони в заготовці отримані досить точно (карбуванням після штампування або литтям по виплавлюваних моделях), то їх можна обробляти плоским шліфуванням.

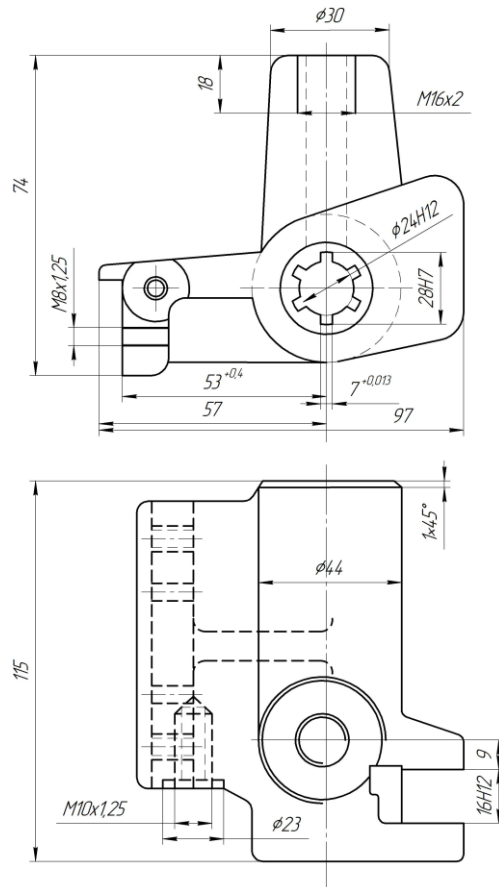
Таблиця 3 – Технологічний маршрут обробки плоскої вилки
(заготовка на одну вилку)

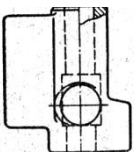
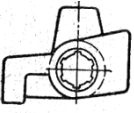
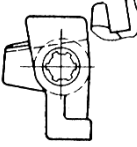
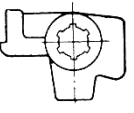


№ оп.	Ескіз	Зміст операції	Технологічні бази
1		Свердління і зенкування отвору, карбування торця бобишки, зенкування фаски в отворі, розвертування отвору діаметром 25H7	Поєднання протилежного торця бобишки і виконавчої поверхні вилки; поверхня бобишки; віддалена ділянка бічної поверхні стержня вилки
2		Карбування другого торця бобишки і зенкування фаски в отворі	Поверхня обробленого отвору; протилежний торець бобишки; віддалена ділянка бічної поверхні стержня вилки
3		Зенкерування півотворів діаметром 60 мм одночасно у двох деталях	Поверхня обробленого отвору; торець бобишки; віддалена ділянка бічної поверхні стержня. Для підвищення жорсткості установки підводять рухомі опори під протилежну виконавчу поверхню

№ оп.	Ескіз	Зміст операції	Технологічні бази
4		Фрезерування виконавчих поверхонь до розміру 12d11	Поверхня обробленого отвору; менш виступаючий торець бобишки; віддалена ділянка бічної поверхні стержня
5	—	Свердління отвору в стінці бобишки	Поверхня обробленого отвору; торець бобишки; поверхня обробленого півотрору
6	—	Зачистка заусенців	—
7	—	Промивання і продування деталі	—

Таблиця 4 – Технологічний маршрут обробки подовгуватої вилки



№ оп.	Ескіз	Зміст операції	Технологічні бази
1		Свердління і зенкування отвору $\varnothing 24H12$ в бобишці, карбування торця, зенкування фаски	Зовнішня поверхня втулки; протилежний торець втулки; бічна поверхня полички
2		Протягування шліцевого отвору $28H7 \times 24H12$,	Поверхня обробленого отвору; торець втулки; бокова поверхня поличі
3		Фрезерування паза $16H12$	Поверхня отвору; торець втулки; бокова поверхня поличі
4		Фрезерування уступу $53^{+0,4}$ поличі	Поверхня шліцевого отвору; торець втулки
5	—	Свердління отвору під різь в бобишці, карбування торця, нарізування різі M16	Те саме
6	—	Свердління двох отворів під різь M8 (інші отвори в поличі обробляються під конічні штифти при складанні)	Поверхня шліцевого отвору; торець втулки
7	—	Свердління отвору під різь M10, карбування поглиблення діаметром 23 мм	Те саме
8	—	Нарізання різі у двох отворах M8 і M10	Те саме
9	—	Зачистка заусенців	—
10	—	Промивання і продування деталі	—

Для підвищення зносостійкості виконавчих поверхонь відповідні ділянки вилок гартують і відпускають, а сталеві маловуглецеві вилки піддають хіміко-термічній обробці з наступним поверхневим гартуванням ділянок виконавчих поверхонь. Після термічної обробки виконавчі поверхні шліфують. Якщо виконавчі поверхні оформлені у виді пазів, то їх доцільно фрезерувати, а в масовому виробництві – протягувати.

Організація виробництва та устаткування для обробки вилок подібні до тих, які застосовують при обробці важелів. На рис. 20, а зображена схема обробки двох крайніх отворів (основних баз) двох вилок і центрального отвору в здвоєній заготовці (для двох плоских вилок) в умовах крупносерійного виробництва на спеціалізованому чотирьопозиційному вертикально-свердлильному верстаті. Схема спільного розташування на столі верстата двох різних здвоєних заготовок для вилок при їх груповій обробці подана на рис. 20, б.

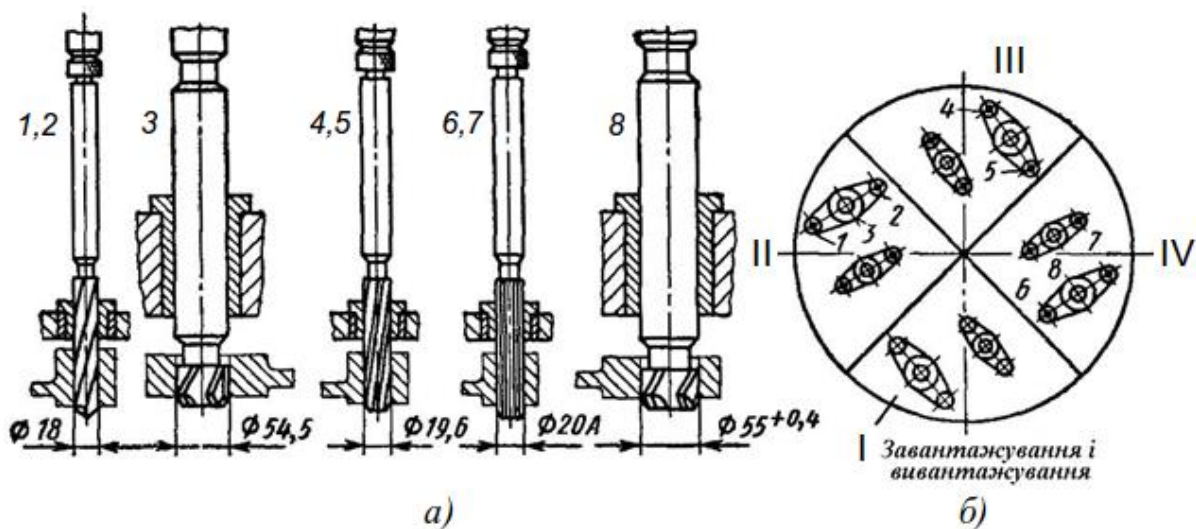


Рисунок 20 – Схема обробки отворів у здвоєній заготовці плоских вилок на агрегатному верстаті:

а – переходи обробки; б – схема розміщення заготовок вилки спільно з заготовками другої вилки на столі верстата

Поширення групової обробки вилок обумовлене тими самими причинами, що і для важелів. При обробці у вилок таких самих поверхонь, як і у важелів,

наприклад, торців бобишок і отворів, прагнуть використовувати ті ж самі базові групові пристосування, оснащуючи їх спеціальними налагодженнями.

При виконанні специфічних операцій, якими є розрізування здвоєних і строєних заготовок плоских вилок на окремі вилки, обробка виконавчих поверхонь, застосовують більш спеціалізовані групові і спеціальні пристосування. Наприклад, за допомогою групового пристосування і спеціальних налагоджень до нього, розрізають здвоєні заготовки плоских вилок на окремі вилки.

Спеціальне пристосування для базування і закріплення плоскої вилки і для координування інструменту при фрезеруванні виконавчих поверхонь двох вилок набором чотирьох дискових фрез показано на рис. 21.

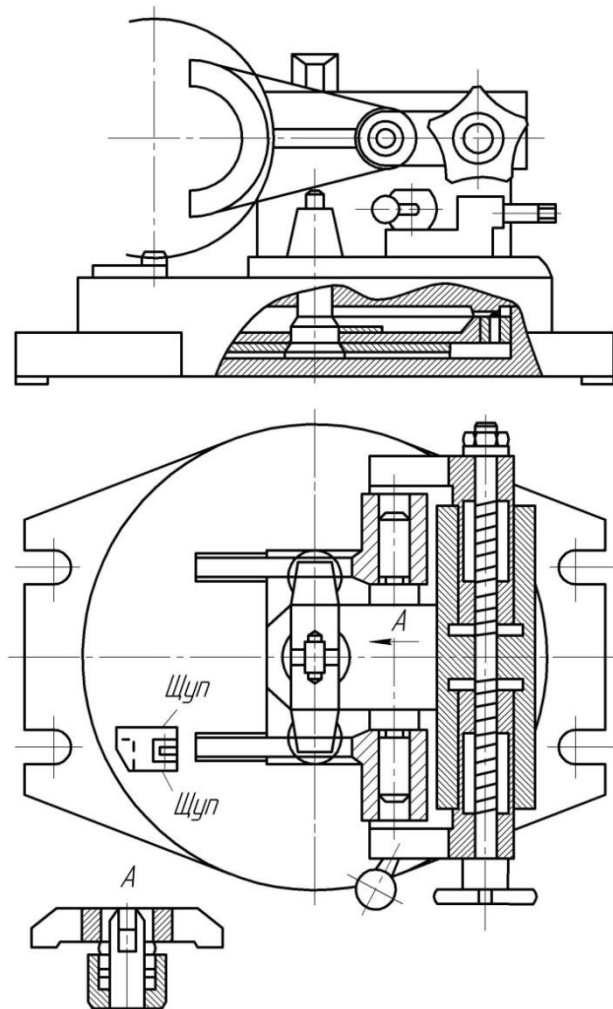


Рисунок 21 – Схема пристосування для базування і закріплення двох плоских вилок і для координування фрези при фрезеруванні виконавчих поверхонь

ВИЛОК

Виконавчі поверхні плоских вилок можна обробляти і безперервним фрезеруванням набором двох фрез на вертикально-фрезерному верстаті, оснащеному круглим обертовим столом, аналогічно раніше показаній схемі фрезерування паза важелів.

У шарнірних вилках основною подвійною направляючою базою служить зовнішня гладка чи різева поверхня хвостовика або поверхня різевого отвору в хвостовику. У першому випадку спочатку варто обробити гладку поверхню хвостовика, приймаючи технологічними базами поверхні «вух» вилки. Потім, приймаючи за технологічну базу хвостовик, треба обробити допоміжні бази – торці (якщо потрібно) і поверхні отвору «вух» вилки. В другому і третьому випадках, при наявності різових поверхонь, послідовність обробки змінюється, оскільки недоцільно використовувати різові поверхні у якості технологічних баз. Тому спочатку треба обробити торці «вух», приймаючи технологічними базами хвостовик і закруглені необроблювані поверхні «вух». Потім, використовуючи торці «вух» як технологічну базу, можна обробити отвори у «вухах», а потім – зовнішню різову поверхню або різовий отвір хвостовика.

5. Контроль важелів і вилок

Діаметри отворів, ширину пазів у важелях і вилках, а також відстань між плоскими виконавчими поверхнями вилок контролюють у більшості випадків калібрами. Відстані між осями отворів перевіряють універсальними вимірювальними інструментами, пересувними і жорсткими скобами та індикаторами в пристосуваннях. Відстані виконавчих поверхонь вилок в осьовому напрямку від відповідних основних баз вилок перевіряють універсальними вимірювальними засобами або, при великих програмах випуску, за допомогою спеціальних пристосувань. Паралельність і перпендикулярність поверхонь важелів і вилок контролюють індикаторами в універсальних (рис. 22, 23) або, при великих програмах випуску, у спеціальних

пристосуваннях (рис. 24), приймаючи подвійною направляючою вимірювальною базою поверхню отвору вилки.

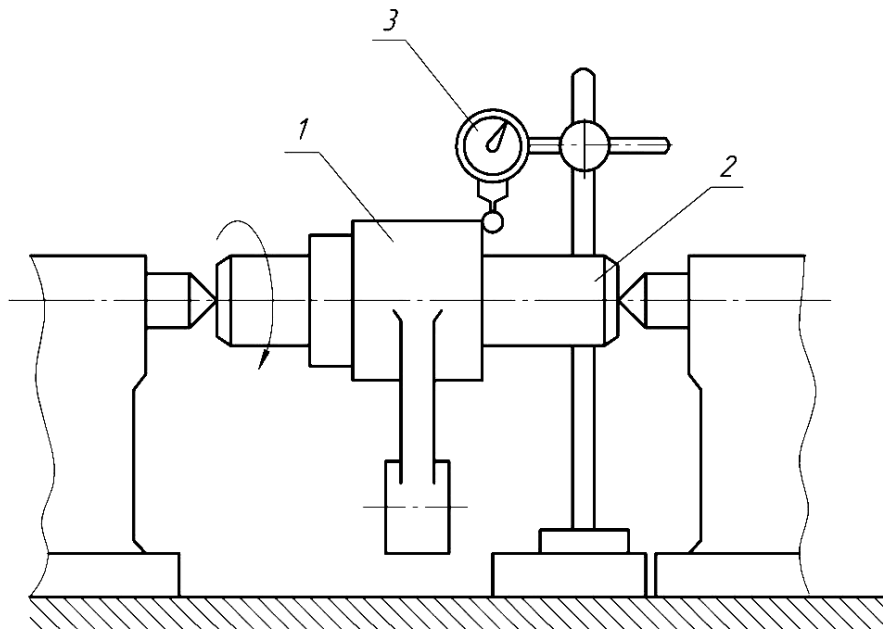


Рисунок 22 – Схема контролю перпендикулярності торця і осі отвору:

1 – важіль; 2 – контрольна оправка в центрах; 3 – індикатор

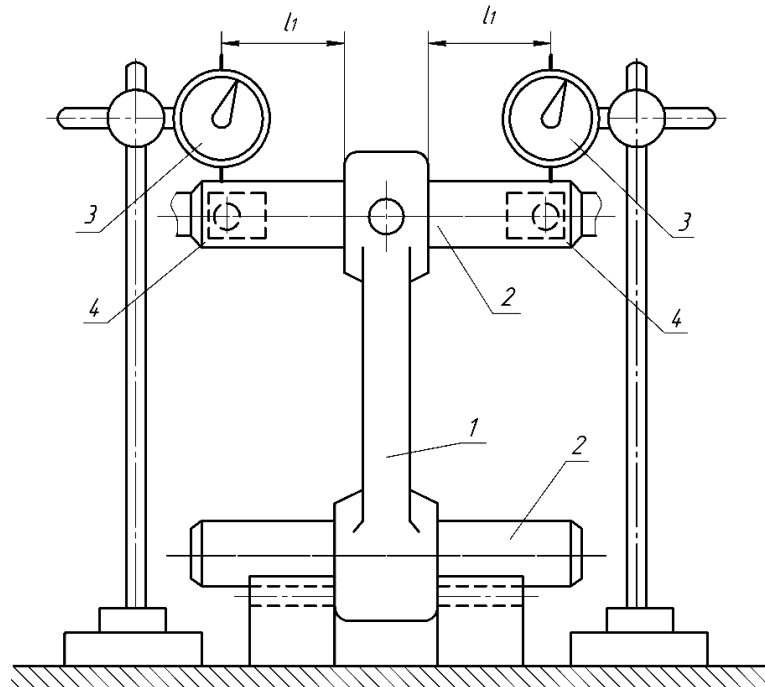


Рисунок 23 – Схема контролю паралельності осей отворів в головках шатуна:

1 – шатун (важіль); 2 – контрольний валик; 3 – індикатори для визначення непаралельності осей отворів; 4 – визначення перехрещення осей отворів індикаторами 3

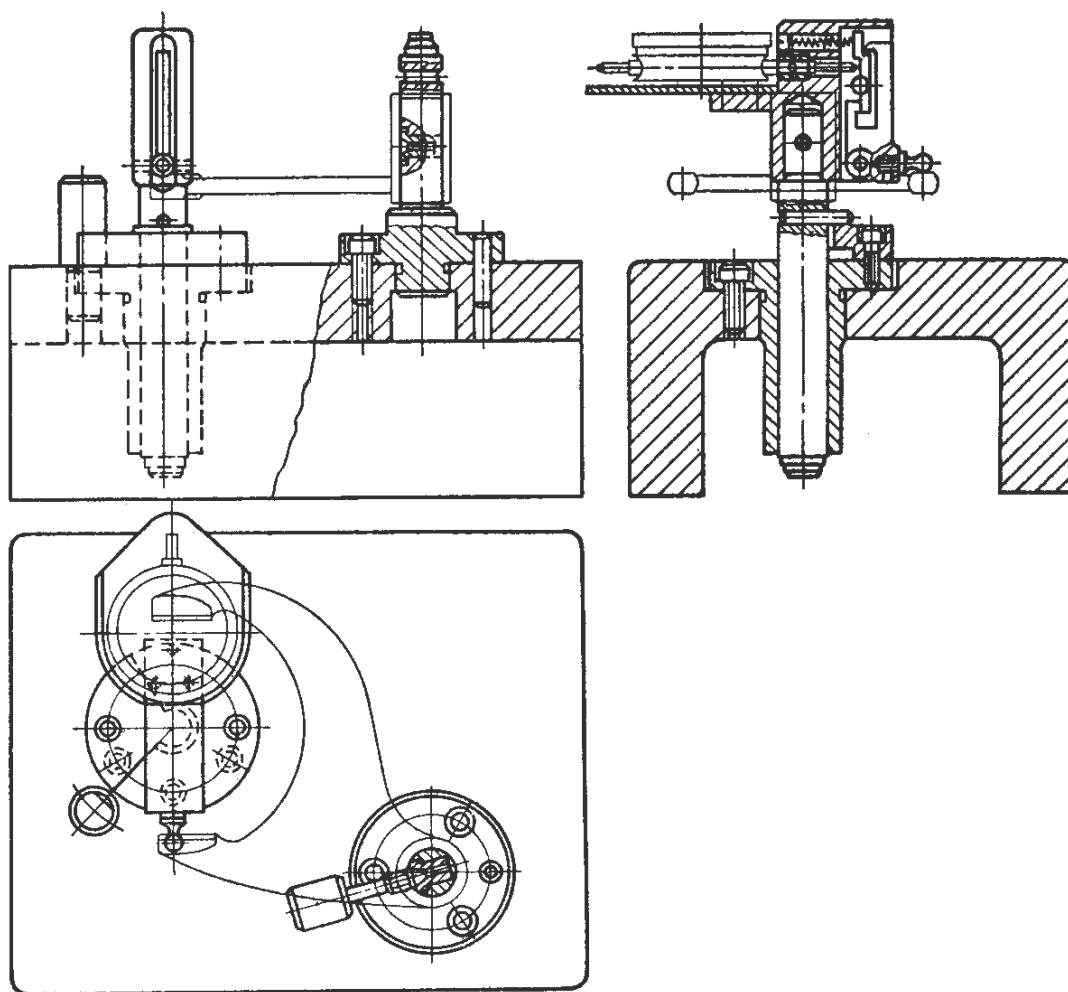


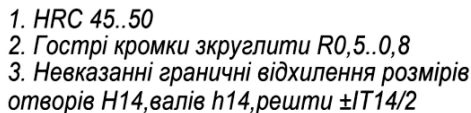
Рисунок 24 – Схема пристосування, що застосовується при контролі перпендикулярності виконавчої поверхні вилки перемикавання відносно вісі отвору вилки

6. Типовий маршрут виготовлення важеля

При фрезеруванні торців отворів за технологічну базу приймають або поверхні стержня важеля або протилежні торці отворів. При їх шліфуванні за технологічну базу приймають протилежні торці втулок.

При обробці основних отворів у якості технологічної бази вибирають оброблені торці втулок і їх зовнішні поверхні, що забезпечує рівностінність втулок. Завершальні етапи обробки виконують при використанні у якості технологічної бази одного або двох основних отворів торців отворів.

основні операції.



005 Вертикально-фрезерна

Обладнання: вертикально-фрезерний верстат.

Фрезерувати послідовно торці втулок з другої сторони до розміру $30h9$
23). Обладнання: вертикально-фрезерний верстат.

Послідовно свердлили та зенкувати два отвори в розмір $\varnothing 22H7$ (рис. 24).

52

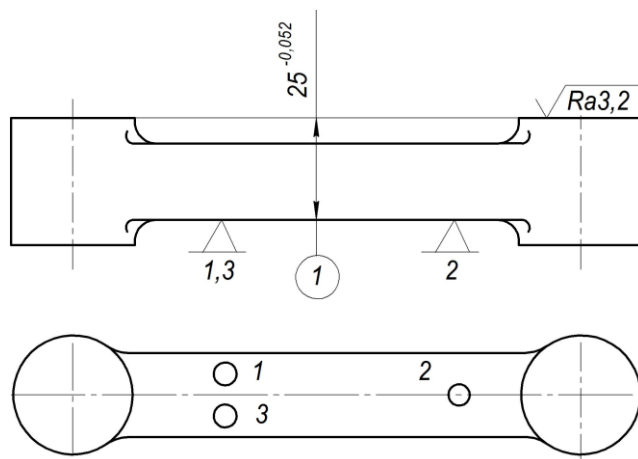


Рисунок 22 – Операція 005 Вертикально-фрезерна

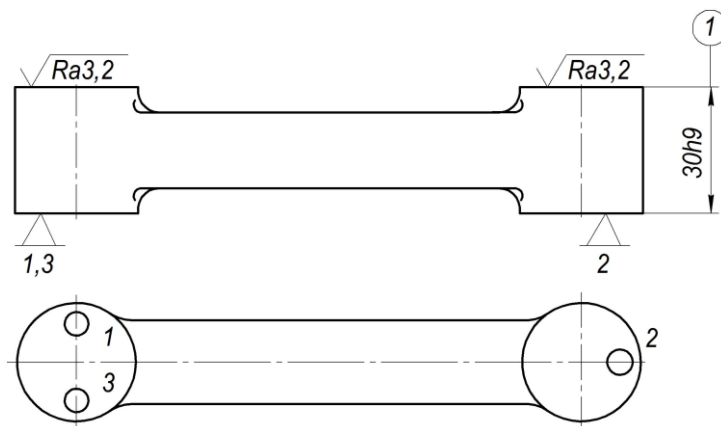


Рисунок 23 – Операція 010 Вертикально-фрезерна

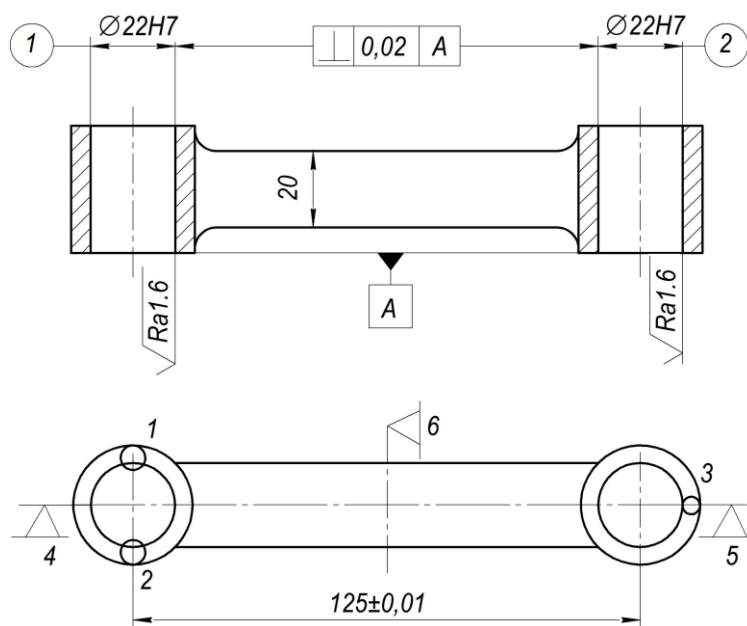


Рисунок 24 – Операція 015 Вертикально-свердлильна

020 Контрольна

Перевірити деталь на відповідність розмірів, геометрії і вимог креслення.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Службове призначення важелів.
2. Класифікація важелів.
3. Які деталі належать до класу важелів.
4. Основні базові поверхні важелів.
5. Вимоги до точності розмірів важелів.
6. Вимоги до точності форми важелів.
7. Вимоги до точності взаємного розташування поверхонь важелів.
8. Вимоги до якості поверхонь важелів.
9. Матеріали та заготовки для важелів і вилок.
10. Від чого залежить вибір матеріалу важелів?
11. Суть та особливості процесу карбування.
12. Послідовність оброблення важелів.
13. Вибір варіанту базування важелів.
14. Особливості розрахунку розмірних ланцюгів для важелів.
15. Вибір методів оброблення поверхонь важелів.
16. Варіанти базування важеля з довгою бобишкою.
17. Методи хіміко-термічної обробки важелів.
18. Вибір устаткування та оснащення при обробленні важелів.
19. Схеми свердління отворів в головках важеля.
20. Шляхи скорочення термінів підготовки нового виробництва обробку важелів.
21. Особливості базування плоских вилок.
22. Застосування методів групової обробки при виготовленні важелів.
23. Контроль діаметрів отворів, ширини пазів у важелях і вилках.
24. Контроль відстані між плоскими виконавчими поверхнями вилок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Беспалов, Б. Л. Технология машиностроения [Текст] : спец. часть : Учебное пособие для ВТУЗов / Б. Л. Беспалов, Л. А. Глейзер, И. М. Колесов и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1973. — 448 с.
2. Данилевский, В. В. Технология машиностроения (общий курс) [Текст] : Учебник для машиностроительных техникумов / В. В. Данилевский. — М. : Высшая школа, 1963. — 506 с.
3. Картавов, С. А. Технология машиностроения (специальная часть) [Текст] / С. А. Картавов. — К. : Вища школа, 1984. — 272 с.
4. Корсаков, В. С. Основы технологии машиностроения [Текст] : Учебник для ВУЗов / В. С. Корсаков. — М. : Машиностроение, 1974. — 336 с.
5. Руденко, П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні [Текст] : Навчальний посібник / П. О. Руденко. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
6. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов [Текст] : Учебное пособие / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с.